فصلنامه علمی – ترویجی «نشریه انرژی ایران»
دوره ۲۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحه ۷۳-۵۱

محاسبه قیمت تمام شده تولید نفت شیل

[۱] داود منظور*، [۲] مرتضی ترابی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۶/۱۲/۲

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۶/۱۱/۱۷

کلمات کلیدی:
نفت،
نفت رستی،
قیمت تمام شده

چکیده

تأثیرات امنیتی، سیاسی و اقتصادی نفت و گاز شیل از موضوعاتی است که شکل بازی را در عرصه انرژی دنیا تغییر داده است. کشورهای مختلف به دنبال دستیابی به تکنولوژی تجاری تولید نفت از منابع رستی هستند. در این مقاله، پس از بررسی فنی و اقتصادی تولید نفت رستی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی تولید نفت رستی را به صورت یک مدل مالی جهت تحلیل حساسیت رفتار سرمایه‌گذاران در بازار مورد بررسی قرار داده‌ایم. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که با فرض عدم تحول شدید در فناوری‌های موجود تولید نفت شیل، قیمت ۵۲ دلار برای هر بشکه نفت، قیمتی تعادلی برای سرمایه‌گذاران به منظور دستیابی به نرخ بازده داخلی ۱۰ درصدی است.

۱. دانشیار دانشگاه امام صادق علیه السلام (نویسنده مسئول) manzoor@isu.ac.ir
دانشجوی دکترای مدیریت قراردادهای بین‌المللی نفت و گاز – دانشگاه امام صادق علیه السلام torabimorteza@gmail.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۱. مقدمه

شیل نفتی[1] سنگی حاوی ترکیبات ارگانیک جامد یا همان کروژن[2] است. از گرما دادن این سنگ بدون وجود اکسیژن، مواد آلی درون سنگ به نفت و گاز طبیعی تبدیل می‌شود. از مواد حاصله می‌توان پس از پالایش و افزودن هیدروژن و زدودن ناخالصی‌ها چون سولفور و نیتروژن، به عنوان سوخت یا سایر مصارف استفاده کرد. محصولات پالایش‌شده را می‌توان در همان مصارفی به کار برد که محصولات پالایش‌شده نفت خام معمولی به کار می‌روند. واژه نفت رستی کمی ابهام دارد و گاه به نوع‌های دیگر نفت به دست آمده از منابع دیگر نیز گفته می‌شود که آژانس بین‌المللی انرژی نفت سخت[3] را برای آن‌ها پیشنهاد می‌کند. نفت رستی و شیل نفتی[4] دو واژه شبیه به هم هستند که گاهی به اشتباه به جای هم نیز استفاده می‌شوند. نفت رستی و شیل‌های نفتی هر دو از انواع نفت نامتعارف هستند. بدین معنی که با روش‌های معمولی و سنتی نمی‌توان از مخازنی که دارای این نوع سنگ هستند نفت تولید کرد[۶].

شیل نفتی همان نفت معمولی است که در سنگ‌های مخازن نفتی که دارای تخلخل و شکاف کمی هستند به تله افتاده است و باید جهت استخراج آن از روش‌های جدید که متفاوت از روش‌های معمولی تولید نفت هستند مانند حفاری افقی[5] و شکاف هیدرولیکی[6] استفاده نمود. لذا تفاوت اصلی نفت رستی و شیل نفتی در استفاده از حرارت جهت تولید نفت از نفت رستی است [۹].

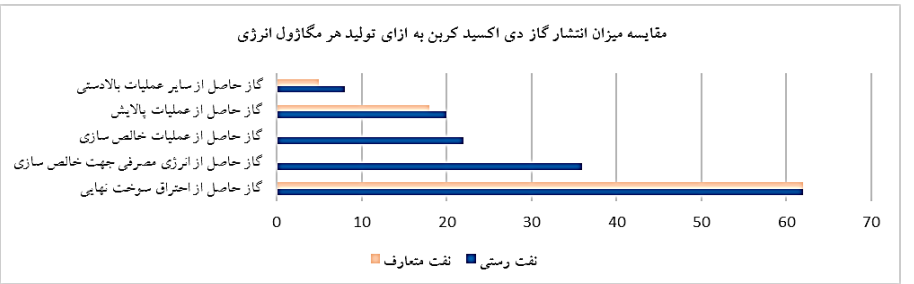
تولید نفت رستی در آمریکا باعث افزایش وقوع زمین لرزه‌های خفیف در مناطق تولید نفت رستی و کاهش ذخایر آب‌های زیرزمینی و آلوده شدن آن‌ها شده است. همچنین تولید گازهای گلخانه‌ای در این کشور را افزایش داده و آب‌های سطحی مناطق مربوطه را آلوده کرده است. البته تغیرات تکنولوژی

1. Shale Oil
2. Kerogen
3. Tight Oil
4. Oil Shale
5. Horizontal Drilling
6. Hydraulic Fracturing

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

در آینده قابل پیش بینی نیست و این مشکلات با توجه به تکنولوژی موجود تولید نفت خام از منابع نفت رستی به وجود آمده است[۹]. تولید نفت شیل افزایش احتمال وقوع زلزله و از بین رفتن سطح زمین از یک سو و کاهش، مهاجرت و آلوده شدن آب‌های زیر زمینی و سطحی و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای را از سوی دیگر به دنبال دارد.

همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید نفت رستی به مراتب بیشتر از تولید نفت معمولی است. در این کشور تکنولوژی شکاف هیدرولیکی که برای تولید نفت رستی استفاده می‌شود تحت شمول قوانین فدرالی عمده‌ای که در باب مسائل زیست محیط وجود دارد، نظیر قانون هوای پاک و قانون آب آشامیدنی بهداشتی[1]، قرار نگرفته است. اما علی‌رغم اینکه نمی‌توان انتظار اعمال یک شبه محدودیت‌های قانونی در این بخش را داشت، نگرانی‌های زیست محیطی، جنبش‌های اعتراضی‌ای را در پس‌زمینه این صنعت شکل داده است[۶].



نمودار ۱. مقایسه میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید نفت معمولی و نفت رستی [۵].

در قانون سیاست انرژی امریکا در سال ۲۰۰۵ این نکته بیان شده است که حمایت از تولید نفت رستی برای این کشور یک موضوع استراتژیک و حیاتی است و باید وابستگی به واردات نفت را کاهش داد. همچنین چندین هزار هکتار زمین جهت توسعه نفت رستی از سوی دولت واگذار گردید. ناقص بودن قوانین یا وجود خلا قانونی باعث شده است که حمایت از محیط زیست در مقابل توسعه تولید نفت رستی بصورت ضعیف انجام شود[۱۸]. در امریکا جهت حفظ ادامه تولید نفت رستی حمایت‌های

1. Federal Clean Water Act of 1972 (CWA) or the federal Safe Drinking Water Act of 1974 (SDWA).

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

خاصی انجام می‌شود مانند کاهش حقوق دولتی یا مالیات‌ها جهت پوشش سود سرمایه‌گذارن در نفت‌رستی[۸].

نفت ازمخازن نفت رستی به دو روش استخراج می‌شود:

الف) حرارت دهی سطحی: در این روش نفت رستی را به روش سنتی استخراج کرده و پس از انتقال به ساختمان‌های ویژه‌ی فرآیند، آن‌را تا دمای ۵۱۰ درجه سانتیگراد گرما می‌دهند. همچنین نفت رستی را با هیدروژن غنی کرده و نفت حاصل را از مواد زائد جدا می‌کنند. در فنآوری جدید که توسط کریستال‌های قیر انجام می‌شود شیل نفتی را کمتر حرارت می‌دهند[۹]. برای تولید نفت مایع از نفت رستی غنی از کروژن آن را در شرایط فاقد اکسیژن تا حدود۵۱۰ درجه سانتیگراد برابر با ۹۵۰ درجه فارنهایت [1] حرارت می‌دهند. باید توجه داشت که نفت رستی برخلاف شیل نفتی برای جریان یافتن در چاه نیازی به حرارت ندارد و در واقع نفت شیل نفتی متعارف است نفتی سبک با مقدار سولفور کم که در سازندهای نامتعارف به تله افتاده است[۵].

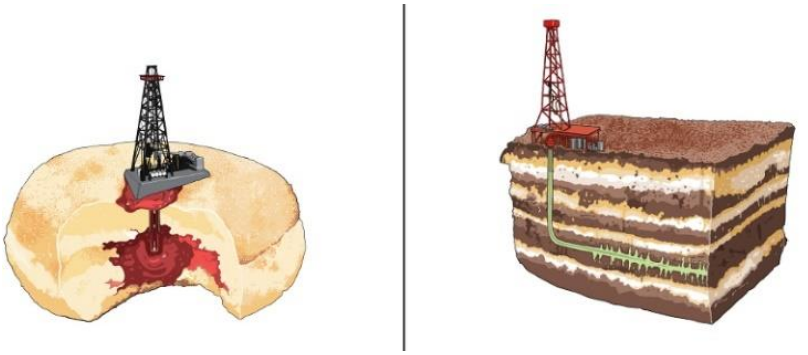
ب) حرارت دهی درجا: حرارت دادن نفت رستی در زیر زمین توسط حرارت دهنده‌های الکتریکی انجام می‌شود که در داخل چاه‌های عمیق قرار گرفته‌اند. این روش که نیازمند حفاری چاه‌های زیادی است مستلزم انرژی ورودی زیادی برای تبدیل کروژن به سیال نیز هست[۱۸]. حجمی از نفت رستی طی دوره‌ای ۲ تا ۳ ساله حرارت داده می‌شود تا دمای آن به ۶۵۰ تا ۷۰۰ فارنهایت معادل ۳۴۰ تا ۳۷۰ درجه سانتیگراد برسد که در این دما نفت از شیل جدا می‌گردد. محصولات آزاد شده در چاه‌های گردآوری، جمع می‌شوند. به‌طور میانگین در هر ۴۰۰۰ متر مربع، ۲۰ – ۱۵ حرارت دهنده‌ی الکتریکی نیاز است[۹].

شکست هیدرولیکی که یکی از مؤثرترین روش‌ها جهت بهبود تولید از مخازن نامتعارف است برای برطرف کردن آسیب سازندی و افزایش هدایت مسیر جریان سیال به داخل چاه استفاده می‌شود. این روش که نقش مؤثری در توسعه‌ی سازندهای کم‌تراوا ایفا می‌کند به طرز روزافزونی برای تولید از شیل‌ها و رگه‌های زغالی نیز استفاده می‌شود. سیلاب‌زنی با گاز و سیلاب‌زنی با آب دو روش نسبتا

1 .C = (F-32) * 5/9 تبدیل فارنهایت و سانتیگراد:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

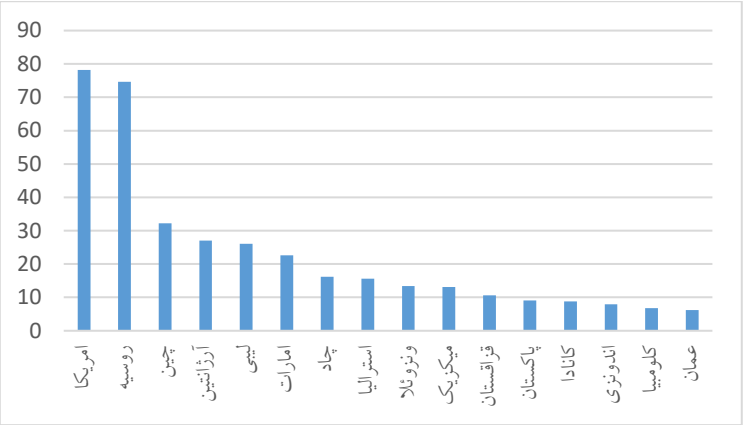
ارزان و سریع از بین روش‌های ازدیاد برداشت نفت هستند که در مخازن متعارف و برخی مخازن فشرده‌ی نامتعارف، عملکرد موفقی دارند. در نفت رستی معمولاً روش‌های حرارتی از جمله تزریق بخار برای ازدیاد برداشت مناسب هستند[۱].



شکل ۱. چاه نفت عمودی در مخازن متعارف و چاه نفت افقی شکافدار برای تولید در مخازن غیرمتعارف

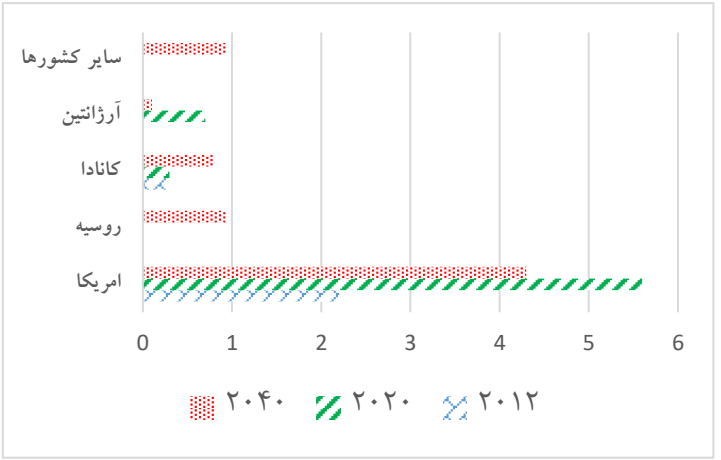
همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، شکست هیدرولیکی سطوح باز ناحیه‌ی اصلی را بهبود بخشیده و مسیری بسیار تراوا را که به طور ویژه‌ای از سازند به چاه تولیدیِ هدف گسترش یافته ایجاد می‌کند. بدین ترتیب سیال مخزن به آسانی می‌تواند از سازند به چاه جریان یابد. پس از ایجاد شکستگی، به منظور جلوگیری از بسته شدن شکاف‌ها، پس از حذف فشار پمپ سیال، عامل نگهدارنده‌ای به داخل شکاف‌ها فرستاده خواهد شد[۱۸]. در مخازن نامتعارف، تزریق دوره‌ای و متناوب گاز با استفاده از گازهای مختلف می‌تواند مؤثر باشد. در مخازن رستی با تخلخل و تراوایی بسیار کم، تزریق آب در شکستگی‌های مرتبط، نسبت به تزریق گاز، تأثیر کمتری در بهبود بازیافت نفت دارد. تزریق گاز امتزاج‌پذیر گرانروی نفت را کاهش می‌دهد. حلال‌های تزریق شده قابل حل در نفت بوده، گرانروی نفت را کاهش داده و نسبت به تزریق آب، منجر به برانگیخته شدن بیشتری می‌شوند. همچنین حلال‌های مذکور برای حفظ فشار نیز بهتر هستند. تزریق گاز احتمالا روشی بالقوه برای بهبود بازیافت نفت از مخازن نفت رستی است[۱]. در نمودار ۲ آخرین وضعیت ذخایر نفت رستی در مناطق مختلف دنیا مشاهده می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



نمودار ۲. وضعیت ذخایر نفت رستی در مناطق مختلف جهان [۹].

همان طور که مشاهده می‌شود بیشترین منابع نفت رستی که تابحال کشف شده است متعلق به امریکا و پس از آن روسیه و چین است[۱۱]. در سال ۲۰۱۴ تنها ۴ کشور امریکا، کانادا، استرالیا و چین در حال تولید تجاری نفت و گاز از منابع رستی بودند. از سال ۲۰۱۴ به بعد، چین ۲۰۰ چاه تولید نفت و گاز رستی و آرژانتین نیز ۲۷۵ چاه حفر نموده است. لذا این دو کشور در شرف افزایش تولید نفت و گاز رستی در آینده نزدیک خواهند بود. در سال ۲۰۱۵ کشورهای الجزایر، استرالیا، کولومبیا، مکزیک، هند و روسیه نیز اکتشاف و تولید از منابع رستی خود را شروع کرده‌اند که البته هنوز تا تولید تجاری فاصله دارند.



نمودار ۳. پیش‌بینی میزان تولید روزانه نفت رستی در کل جهان تا سال ۲۰۴۰ (میلیون بشکه در روز) [۱۰].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

تولید نفت خام امریکا از منابع غیرمتعارف در چند سال گذشته همواره در حال رشد بوده است. سازمان اطلاعات انرژی آمریکا در آخرین گزارش سالانه چشم‌انداز انرژی خود، در سناریوی اصلی خود، تولید روزانه نفت رستی را در سال ۲۰۲۰ ۵.۵ میلیون بشکه در روز برآورد کرده است و پیش بینی کرده که تا سال ۲۰۴۰ میزان تولید نفت از منابع رستی به حدود ۴.۲ میلیون بشکه در روز کاهش یابد[۵]. که البته این امر اتفاق نیفتاد و قیمت نفت به حدود ۵۰ دلار کاهش یافته است. حالا معلوم است که چرا این کشور به قیمت‌های بالای نفت نیاز داشت و در حال حاضر جهت جلوگیری از اقتصادی شدن تولید منابع نفت رستی برای سایر کشورها خصوصا روسیه قیمت‌های نفت را با کمک عربستان پایین نگه می‌دارد. معلوم است که نقش اوپک کاهش یافته است. البته در انتهای سال ۲۰۱۶ سازمان اوپک با ارائه یک خدمت بزرگ به شرکت‌های امریکایی تولید کننده نفت رستی، از کاهش طولانی مدت قیمت نفت به زیر ۵۰ دلار جلوگیری کرد و با کاهش تولید خود قیمت نفت را به بالای ۵۰ دلار برگرداند. شیل‌ها برای اوپکی‌ها و کشورهای عضو مجمع کشورهای صادرکننده گاز یا اوپک گازی[۱] تهدید بزرگی هستند[۷].

۲. مولفه‌های تشکیل دهنده هزینه‌های سرمایه گذاری ثابت[۲] و هزینه عملیاتی[۳] نفت رستی

برآوردها نشان می‌دهد تعداد چاه‌های مورد نیاز برای حفاری در میادین غیر متعارف نفت آمریکا از حدود ۶ هزارحلقه چاه در سال ۲۰۰۹ میلادی به ۱۶ هزار حلقه در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته، از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ میزان چاه‌های مورد نیاز برای حفاری تقریبا یک روند ثابت در محدوده ۱۶ هزار حلقه چاه در سال خواهد بود[۵]. این در حالی است که برای نگهداشت این میزان توان تولید در عراق نیاز به حفر۶۰ حلقه چاه است. تولید از چاه‌های منابع غیرمتعارف به طور متوسط در سال اول حدود ۶۵ درصد و در سال دوم حدود ۳۵ درصد کاهش می‌یابد و در سال سوم نیز ۱۵ درصد و در ادامه به طور متوسط سالانه

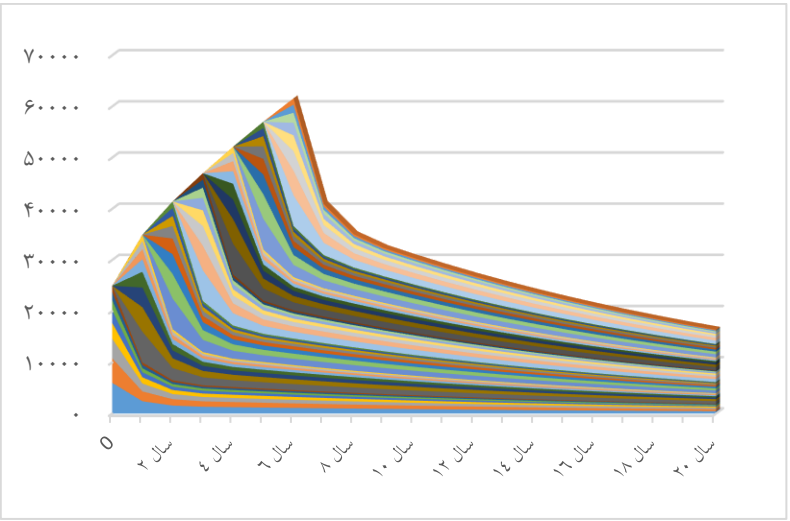
۱. مجمع کشورهای صادرکننده گاز یا اوپک گازی که به اختصار (GECF) نامیده می‌شود.

2. Capital Expenditure, CAPEX

3. Operating Expense, OPEX

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۱۰ درصد از توان تولید چاه کاسته خواهد شد. برای جبران این کاهش تولید، تجربه و تحقیقات نشان داده است باید در ۵ سال اول، ماهانه ۱۰ چاه جدید حفر شود تا تولید چاه‌های جدید، افت فشار چاه‌های قبلی را جبران نماید[۶].



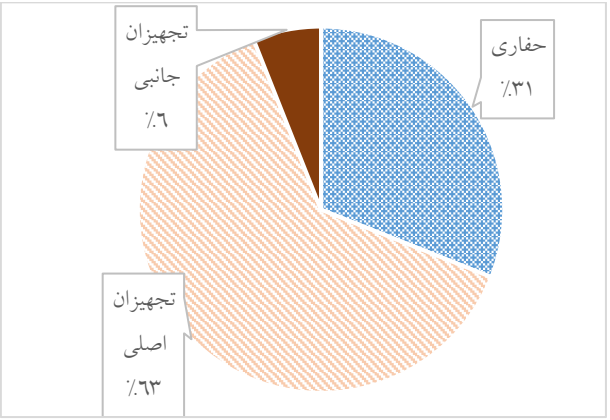
نمودار ۴. حفظ تولید با حفر ۱۰ چاه جدید در ماه به مدت ۵ سال در مخازن نفت رستی (بشکه در روز) [۱۲].

هزینه‌های ثابت سرمایه گذاری حفاری چاه‌ها در خشکی از سه جزء شامل هزینه‌های حفاری[1]، هزینه‌های تجهیزات اصلی چاه[2] و هزینه‌های تجهیزات جانبی[3] تشکیل می‌شود. مجموع این هزینه‌ها از ۴.۹ میلیون دلار تا ۸.۳ میلیون دلار برای هر چاه گزارش شده است. نوع چاه (نفت / گاز)، محل، عملکرد و میزان تولید و طول عمر چاه تعیین کننده هزینه‌های عملیاتی هستند. هزینه‌های حفاری شامل اجاره دکل، لوله و پوشش آن، سیالات حفاری، سوخت و سیمان است. باید توجه داشت که تمامی هزینه‌ها می‌توانند تا حد زیادی از لایه به لایه نوسان کنند. در یک لایه نیز بسته به عواملی مانند عمق و طراحی دارد. میانگین هزینه حفاری افقی چاه از ۱.۸ میلیون دلار تا ۲.۶ میلیون دلار است

1. Drilling
2. Completion
3. Facilities

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

که حدود ۲۷٪ تا ۳۸٪ از کل هزینه چاه را تشکیل می‌دهند. پیش از ورود تکنولوژی حفاری افقی برای مخازن نفت غیر متعارف، هزینه حفاری ۶۰٪ تا ۸۰ ٪ از هزینه یک چاه را تشکل می‌داد.



نمودار ۵. ابعاد هزینه‌های سرمایه‌ای تولید نفت رستی [۱۳].

هزینه‌های تجهیزات اصلی چاه شامل خطوط تکمیلی چاه، تجهیزت سرچاهی، منابع آب، افزودنی‌های آب تزریقی، شن و ماسه پروپانت[۱]، نیروی انسانی حفار و اجاره پمپ‌ها است. این هزینه‌ها حدود ۲.۹ میلیون دلار تا ۵.۶ میلیون دلار هستند که ۶۰٪ تا ۷۱٪ کل هزینه‌های چاه را تشکیل می‌دهند. *هزینه‌های تجهیزات تکمیلی* شامل جداکننده‌ها، خطوط لوله جریان سیالات، ظروف تبخیر، باتریها، جاده‌ها و پمپ‌ها یا کمپرسورهای ارسال مواد هستند. تمامی این موارد نیز حدود چند صد هزار دلار می‌شوند که ۲٪ تا ۸٪ کل هزینه‌های چاه را شامل می‌شوند. معمولا برای استفاده صرفه به مقیاس اقتصادی، چند چاه را باهم حفر می‌کنند تا برخی از هزینه‌ها سرشکن شده و کاهش یابند.

تولید نفت معمولا زمین زیادی نیاز دارد (معمولا بیش از ۱۰۰.۰۰۰ هکتار برای یک مخزن نفتی). قبل از مطالعات جغرافیایی و بسیار قبل از توسعه مخازن باید زمین در اختیار قرار گیرد. این هزینه بین ۲۰۰ دلار تا ۴۰۰ دلار در هکتار بوده است. با توجه به اینکه معمولا مخازن نفت رستی در زمین‌هایی

۱. Sand Proppant (مواد جامد طبیعی یا مصنوعی که جهت جلوگیری از مسدود شدن شکاف‌ها پس از ایجاد شکاف هیدرولیکی در چاه تزریق می گردند.)

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

هستند که در آن‌ها نفت متعارف تولید می‌شده است گاهی برخی از امکانات قبلی را می‌توان برای تولید نفت رستی استفاده کرد و از سوی دیگر این بهره برداری‌های قبلی ممکن است هزینه‌هایی را برای تولیدات جدید ایجاد کنند. گاهی پس از مطالعات اولیه مخزن، بین دو شرکت پیمانکار، پیمان سرمایه‌گذاری مشترک[1] منعقد می‌گردد. اما این پیمان‌ها معمولا بین ۱ تا ۲ دلار در بشکه هزینه جاری را بالاتر خواهد برد.

هزینه‌های عملیاتی از پنج جزء تشکیل می‌شود:

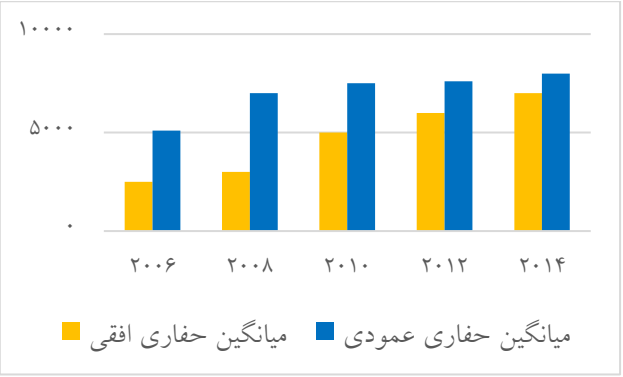
- **هزینه‌های اجاره تجهیزات:** این هزینه‌ها با توجه به عمر چاه و همچنین عمق آن تغییر می‌کنند. بین ۲ دلار تا ۱۴.۵ دلار بر بشکه نفت ثبت شده است.
- **هزینه‌های جمع‌آوری، تصفیه و انتقال:** این هزینه‌ها با توجه به میزان فاصله و حجم نفت تولیدی تغییر می‌کنند. هزینه لوله‌های ارسال نفت تولیدی بین ۰.۲۵ دلار تا ۱.۵ دلار بر بشکه نفت است. اگر وسیله حمل بجای لوله، کامیون باشد، هزینه بالاتر رفته و بین ۲ دلار تا ۳.۵ دلار برای هر بشکه خواهد بود. این هزینه‌ها برای جمع آوری نفت از چاه‌های مختلف بود. حال برای انتقال به پالایشگاه می‌توانند از خطوط لوله یا قطار استفاده نمایند که بین ۲.۲ دلار تا ۱۳ دلار برای هر بشکه هزینه خواهد داشت.
- **هزینه‌های تأمین آب:** معمولا این هزینه‌ها در سرایه‌گذاری اولیه انجام می‌شود. همچنین به آب دوست بودن یا نفت دوست بودن سنگ مخزن بستگی دارد و میزان آبی که باید مجددا به چاه تزریق گردد. در مجموع هزینه تأمین آب بین ۱ دلار تا ۸ دلار برای هر بشکه از نفت تغییر می‌کند.
- **هزینه‌های عمومی و اداری:** بین ۱ دلار تا ۴ دلار در هر بشکه نفت هستند.
- **مالیات و عوارض:** حدود ۵۰٪ از سود

در طول دهه گذشته بهبود چشمگیری در فناوری حفاری در جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید صورت گرفته است که در دو بخش پیشرفت فناوری حفاری و پیشرفت فناوری مرتبط با تکمیل چاه

1. Joint Venture

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

قابل تقسیم‌بندی هستند. هر یک از دو بخش مذکور بنابر دلایل متعددی حاصل شده‌اند. پیشرفت فناوری حفاری عمدتاً منجر به بازوهای بلندتر (و در نتیجه افزایش بهره‌وری و تولید چاه)، بهبود اطلاعات و مطالعات بهتر وضعیت حفاری (و در نتیجه افزایش بهره‌وری و تولید چاه)، کاهش هزینه‌های مستقیم حفاری، کاهش هزینه‌های کیسینگ و لوله‌گذاری، حفاری چند وجهی، و بهبود عملیات سطح الارضی شده است. فناوری تکمیل و بهره برداری از چاه‌ها نیز از جهات متعدد پیشرفت داشته است که از جمله می‌توان به کاهش میزان مصرف پروپانت (و در نتیجه افزایش بهره‌وری و تولید چاه)، بهبود تعداد و مکان یابی شکاف‌ها و بهینه‌سازی فاصله‌ها و نحوه جایگذاری ذرات پروپانت (و در نتیجه افزایش بهره‌وری و تولید چاه) و افزایش سرعت عملیات ایجاد شکاف (و در نتیجه کاهش هزینه‌ها) اشاره داشت.

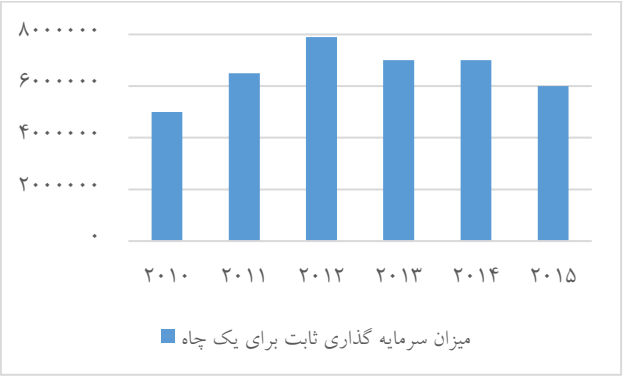


نمودار ۶. بهبود نرخ روزانه حفاری افقی و عمودی در چند سال گذشته (فوت در روز) [۱۳].

افزایش طول بازوهای افقی در چند سال اخیر بیشتر مورد استقبال قرار گرفته و تقریبا ۳ برابر شده است. گرچه هزینه حفاری را افزایش می‌دهد اما در طرف مقابل میزان تولیدات چاه را با توجیه بیشتری افزایش خواهد داد. هزینه‌های تکمیل چاه در طول سال‌های گذشته کمتر شده است. پروپانت ارزانتر شده و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. نیاز به آب کمتر شده است، سیالات تزریقی بیشتر استفاده می‌شوند و شکاف‌های بیشتری در بدنه چاه مورد استفاده قرار گرفته است تا بهره‌وری را افزایش دهند. حفاری چند جانبه و بهبود عملیات روی سطحی باعث کاهش هزینه‌ها و کاهش ناهماهنگی‌های رو سطحی پروژه و کاهش نگرانی‌های زیست محیطی می‌شود. حفاری چند جانبه معمولا برای ۴ تا ۶ چاه

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

استفاده می‌شود اما در مواردی خاص تا ۲۴ چاه نیز از یک محل حفاری شده است. منابع آبی بسیار محدود و مورد توجه هستند. لذا پیمانکاران نفت رستی به دنبال روش‌هایی جهت بهبود استفاده از آب و تصفیه و استفاده مجدد از آب استفاده شده بوده‌اند. این امر باعث کاهش هزینه آب مصرفی برای هر بشکه نفت از ۲ دلار به ۰.۱۷ دلار شده است. همچنین هزینه کیسنگ و هزینه پمپ‌های شکاف هیدرولیکی نسبت به گذشته کاهش یافته است. این موارد همگی باعث کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی تولید نفت رستی شده‌اند.



نمودار ۷. کاهش میانگین هزینه ثابت سرمایه‌گذاری حفاری چاه (میلیون دلار) [۱۳].

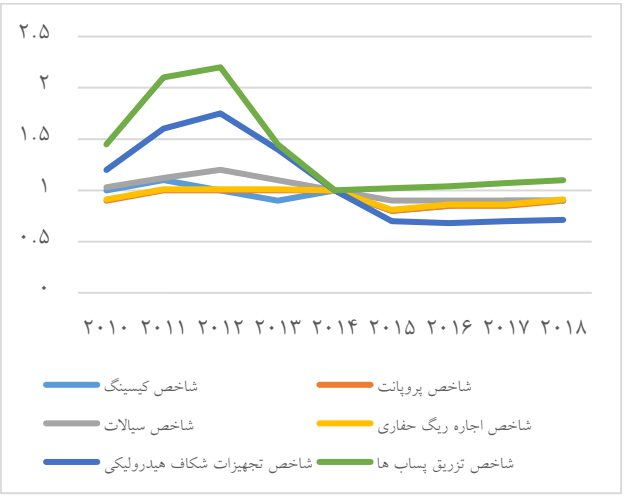
کاهش تولید نفت که به علت کاهش قیمت نفت بوده باعث کاهش میزان حفاری در امریکا شده و هزینه‌های قابل قبول برای خدمات حفاری را کاهش می‌دهد. لذا پیش‌بینی می‌شود در صورت کاهش بیشتر قیمت نفت، تولید نفت رستی در این کشور به شدت کاهش یابد. در اینجاست که نقش اوپک برای حمایت از تولید نفت رستی حیاتی است و همان طور که در اواخر سال ۲۰۱۶ ملاحظه نمودیم، اوپک با کاهش تولیدات خود (به جز ایران که خواهان بازگشت به سهم خود قبل از تحریم‌ها بوده) قیمت نفت را افزایش داد. در این تصمیم، کشورهای غیر اوپک نیز همراهی کرده و تولید خود را کاهش دادند. این تصمیات حدود ۸ دلار قیمت نفت را افزایش داده و بسیاری از شرکت‌های تولیدکننده نفت رستی را از ورشکستگی نجات داد.

خدمات و تجهیزاتی مانند پمپ‌های ایجاد شکاف هیدرولیکی فقط در نفت و گاز رستی کورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا تا زمانی که قیمت نفت بالا نرفته و حفاری‌های جدید در مخازن غیر متعارف مقرون به صرفه نشود، تقاضا برای این خدمات و تجهیزات بالا نخواهد رفت. لذا جهت حفظ بازار و

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

نیروهای متخصص، صاحبان این تکنولوژی مجبور به کار در شرایط سود کم یا حتی زیان خواهند بـود. پیش‌بینی می‌شود بین ۲۵٪ تا ۳۰٪ کاهش هزینه داشته باشیم.

کیسینگ و سیمان با توجه به نوسانات قیت‌های جهانی سیمان و فـولاد تغییـر مـی‌کننـد. هزینـه خدمات مرتبط با فناوری شکاف هیدرولیکی نیز با توجه به اینکه متقاضی دیگری بجز چـاه‌هـای نفـت رستی ندارند با توجه به پیش‌بینی کاهش تقاضا، کاهش خواهند یافت. هزینه تأمین پروپانت نیز با توجه کاهش هزینه حمل و نقل و هزینه تأمین از معادن شن و ماسه کاهش خواهد یافت. هزینه تأمین منابع آب با توجه به اینکه بسیار به قوانین و مقرارات دولتی وابسته است قابل پیش‌بینی نیست. هزینـه مـواد شیمیایی جهت تزریق در چاه نیز پیش‌بینی می‌شود که کاهش یابد.



نمودار ۸. پیش‌بینی کاهش شاخص هزینه‌های مرتبط با حفاری چاه‌های نفتی رستی [۱۳].

علاوه بر تمامی موارد ذکر شده، پیمانکاران به شدت به دنبال افزایش بهره‌وری و ارتقـای کـارایی در کل چرخه تولید نفت هستند. کاهش تعداد روزهای حفاری (افزایش راندمان حفاری)، افـزایش طـول بازوهای افقی چاه‌ها به منظور تولید بیشتر (افزایش راندمان تولیـد) و افـزایش اسـتفاده از پروپانـت بـه منظور حفظ تولید و کاهش افقت فشار چاه (افزایش راندمان تولید)، افزایش تعداد چاه‌ها در یک مخزن، افزایش تعداد شکاف‌ها در بازوهای افقی چاه، استفاده از پروپانت طبیعی به منظور کاهش هزینه تـأمین آن، از جمله فعالیت‌ها و برنامه‌های فعالان در حوزه نفت رستی برای جبران کاهش قیمت نفت است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

۳. هزینه یابی و تحلیل حساسیت

در این بخش با توجه به اطلاعات مالی که از هزینه‌های حفاری و هزینه‌های عملیاتی تولید نفت رستی در یک مخزن نفت رستی انجام می‌شود، سعی خواهیم نمود تا جریان نقدی مالی این سرمایه‌گذاری را به دست آورده و تحلیل حساسیت نماییم که یک سرمایه‌گذار در مخازن نفت رستی تا چه قیمتی از نفت را برای انجام این سرمایه‌گذاری مناسب می‌داند و وارد این سرمایه‌گذاری خواهد شد.

در ابتدا فروضی که داریم را مرور می‌نماییم:

۱. دوران حفاری چاه تا شروع تولید: ۱۲ ماه

۲. مجموع انواع مالیات و عوارض: ۵۰٪ از سود ناخالص تولید

۳. هزینه‌های اجتماعی مانند هزینه‌های زیست محیطی و ... لحاظ نشده است.

۴. فروش نفت بصورت نقدی انجام می‌شود.

۵. میانگین رشد قیمت نفت: ۲٪ سالانه

۶. میانگین رشد هزینه‌ها: ۲٪ سالانه

۷. عمر مفید چاه نفت: ۲۰ سال

۸. میزان تولید نفت از چاه: ۱۰۰٪ سال اول تولید، ۶۵٪ سال دوم تولید، ۳۵٪ سال سوم تولید، ۱۵٪ سال چهارم تولید، ۱۰٪ سال پنجم تولید و از سال ششم سالانه ۱۰٪ کاهش تولید خواهیم داشت.

جدول ۲. هزینه‌های حفاری و تکمیل یک چاه نفت رستی

ردیف	عنوان	زمان اجرا	تعداد کل	مورد نیاز	قیمت هر واحد	جمع هزینه هر واحد	هزینه مورد نیاز	هزینه کل
۱	هزینه حفاری	سال ۱	۱	۱	۲۱۰۰۰۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰
۲	تجهیزات تکمیلی چاه	سال ۱	۱	۱	۴۲۵۰۰۰۰	۴,۲۵۰,۰۰۰	۴,۲۵۰,۰۰۰	۴,۲۵۰,۰۰۰
۳	سایر امکانات	سال ۱	۱	۱	۴۲۵۰۰۰	۴۲۵,۰۰۰	۴۲۵,۰۰۰	۴۲۵,۰۰۰
۴				۰		۰	۰	۰
مجموع							۶,۷۷۵,۰۰۰	۶,۷۷۵,۰۰۰

هزینه‌های حفاری و تکمیل چاه بصورت متوسط و کمی بدبینانه در نظر گرفته شده است. در مخازن مختلف این هزینه‌ها بسیار نوسان می‌کند و از ۵ میلیون دلار تا ۱۰ میلیون دلار گزارش شده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

است. لذا طبق تحقیقاتی که انجام شد و در بخش قبلی بیان گردید، متوسط این هزینه‌ها در نظر گرفته شده است.

با توجه به مطالعاتی که انجام شده است پیمانکاران نفتی در امریکا برای هر پروژه حدود ۱۰۰ هزار هکتار زمین خریداری می‌نمایند که با فرض اینکه حداقل ۲۰ حلقه چاه در هر پروژه در ابتدای پروژه حفاری نمایند، برای هر چاه در ابتدای پروژه پنج هزار هکتار زمین نیاز است. توجه گردد که با توجه به افت شدید فشار تولید نفت در چاه‌های نفت رستی، حفاری چاه‌های جدید که جبران کاهش تولید چاه اولیه را بنمایند ضروری است. لذا این میزان زمین برای ادامه حیات پروژه ضروری است و نباید تصور کرد که زیاد در نظر گرفته شده است.

همان طور که قبلا مفصل توضیح داده شد، هزینه‌های عملیاتی به پنج بخش قابل تقسیم‌بندی هستند. هزینه‌های اجاره تجهیزات، جمع آوری نفت از چاه‌های تولیدی، انتقال نفت تا پالایشگاه، تأمین آب و هزینه‌های عمومی و اداری که به طور متوسط برای هر بشکه نفت ۲۵ دلار به علاوه ۲ دلار هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات، مالیات و عوارض خواهد بود.

جدول ۳. هزینه‌های جاری عملیات تولید نفت رستی

ردیف	شرح	سال شروع استفاده	واحد	مصرف سالانه	هزینه واحد	ارزش کل
۱	اجاره تجهیزات	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۸.۲۵	۱،۳۶۱،۲۵۰
۲	جمع آوری، تسویه و ارسال نفت (لوله)	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۰.۹۱	۱۴۹۵۳۱
۳	جمع آوری، تسویه و ارسال نفت (کامیون)	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۰.۹۱	۱۴۹۵۳۱
۴	ارسال نفت به پالایشگاه (لوله و قطار)	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۷.۶۰	۱،۲۵۴،۰۰۰
۵	تامین آب	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۴.۵۰	۷۴۲،۵۰۰
۶	عمومی و اداری	سال ۲		۱۶۵،۰۰۰	۲.۵۰	۴۱۲،۵۰۰
...						۰
مجموع						۳،۰۶۹،۳۱۳

همان طور که قبلا بیان شد افت فشار در چاه‌های نفت رستی به شدت صورت می‌گیرد، لذا میزان درآمد حاصله از فروش نفت نیز به شدت کاهش خواهد یافت. قیمت پایه نفت در سال اول تولید ۵۲ دلار در نظر گرفته شده است. در جدول ۳ قیمت‌ها بدون لحاظ تورم نشان داده شده است. اما در محاسبات نهایی، تمامی قیمت‌ها را با لحاظ تورم لحاظ می‌نمایید.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۴. جریانات نقدی درآمدها و هزینه‌های یک چاه نفت رستی

شرح	سال ۱	سال ۲	سال ۳	سال ۴	سال ۵	سال ۶	سال ۷	سال ۸
* ظرفیت تولید نفت	۰%	۱۰۰%	۶۵%	۳۵%	۱۵%	۱۰%	۹%	۸%
* نسبت هزینه های عملیاتی	۰%	۱۰۰%	۶۵%	۳۵%	۱۵%	۱۰%	۹%	۸%
درآمد حاصل از فروش	۰	۸.۷۵۱.۶۰۰	۵.۸۰۲.۲۱۱	۳.۱۸۶.۸۰۸	۱.۳۹۳.۰۹۰	۹۴۷.۳۰۱	۹۶۶.۲۴۷	۹۸۵.۵۷۲
بهای تمام شده کالا	۰	-۴.۴۹۶.۲۲۴	-۲.۹۸۰.۹۹۶	-۱.۶۳۷.۲۵۵	-۷۱۵.۷۱۴	-۴۸۶.۶۸۶	-۴۴۶.۷۷۷	-۴۱۰.۱۴۲
سود ناویژه	۰	۴.۲۵۵.۳۷۶	۲.۸۲۱.۳۱۴	۱.۵۴۹.۵۵۳	۶۷۷.۳۷۶	۴۶۰.۶۱۶	۵۱۹.۴۷۰	۵۷۵.۴۳۱
هزینه بهره تسهیلات	۰	-۱۰۲.۰۰۰	-۸۲.۴۰۰	-۶۲.۴۰۸	-۴۲.۰۱۶	-۲۱.۴۱۶	۰	۰
استهلاک	۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰	-۶۷۷.۵۰۰
سود ویژه	۰	۳.۴۷۵.۸۷۶	۲.۰۶۱.۴۱۵	۸۰۹.۶۲۵	-۴۲.۱۴۰	-۲۳۸.۱۰۰	-۱۵۸.۰۳۰	-۱۰۲.۰۶۹
سود انباشته	۰	۳.۴۷۵.۸۷۶	۵.۵۳۷.۲۹۱	۶.۳۴۶.۹۱۶	۶.۳۰۴.۷۹۶	۶.۰۶۶.۶۹۶	۵.۹۰۸.۶۶۶	۵.۸۰۶.۵۹۶
مالیات	۰	-۱.۷۳۷.۹۳۸	-۱.۰۳۰.۷۰۷	-۴۰۴.۸۲۳	۴۱.۰۷۰	۱۱۹.۰۵۰	۷۹.۰۱۵	۵۱.۰۳۵
سود خالص	۰	۱.۷۳۷.۹۳۸	۱.۰۳۰.۷۰۷	۴۰۴.۸۲۳	-۴۱.۰۷۰	-۱۱۹.۰۵۰	-۷۹.۰۱۵	-۵۱.۰۳۵
جریان نقدی آزاد	۰	۲.۵۱۷.۴۳۸	۱.۷۹۰.۵۰۷	۱.۱۴۴.۷۳۰	۶۹۸.۴۴۶	۵۷۹.۶۶۶	۵۹۸.۴۸۵	۶۲۶.۴۶۵

سرمایه در گردش مورد نیاز برای یک ماه تولید و تعمیرات و نیروی انسانی و ... حدود ۳۸۰ هزار دلار محاسبه شده است. همچنین فرض بر این است که فروش نفت بصورت نقدی انجام می‌شود و انبارش نفت به دلیل عدم فروش وجود ندارد. در نتیجه هیچ گونه نفت فروش نرفته در انبار و حساب دریافتنی تجاری نخواهیم داشت.

برای تأمین مالی پروژه، فرض شده است که ۵ میلیون دلار تسهیلات با هزینه مالی ۲٪ سالانه به مدت ۶ سال شامل یک سال تنفس در اختیار سرمایه‌گذار قرار داشته باشد. سایر منابع مالی مورد نیاز برای هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری و سرمایه در گردش به عنوان آورده سرمایه‌گذار در نظر گرفته شده است.

در محاسبه زمان بازگشت سرمایه به صورت عادی، برای سرمایه‌گذاری نرخ تنزیل در نظر گرفته نشده است و در نتیجه به جهت محاسبه زمان بازگشت سرمایه، میزان سرمایه‌ای که در پروژه سرمایه‌گذاری نموده است لحاظ گردیده است. بازگشت سرمایه عادی این فعالیت ۸.۵ سال محاسبه می‌شود. در محاسبه بازگشت سرمایه به صورت ترکیبی، برای سرمایه‌گذار، نرخ تنزیل در نظر گرفته می‌شود و در نتیجه زمان بازگشت سرمایه ترکیبی طولانی‌تر از بازگشت سرمایه عادی و به مدت ۱۱.۵ سال است. دقت گردد که در برخی از سال‌ها جریان نقدی آزاد حاصل از عملیات تولید نفت ممکن است کفاف اقساط بازپرداخت تسهیلات را ندهد که در این زمان نیاز است تا سرمایه‌گذار منابعی را به پروژه تزریق نماید. این نکته در بازگشت سرمایه عادی و ترکیبی سرمایه‌گذار لحاظ شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

جدول ۵. نتایج تجاری حاصل از سرمایه‌گذاری

از دیدگاه	نرخ بازده داخلی	متوسط سود سالانه (۱۰ سال اول تولید)	نرخ تنزیل	ارزش حال سود NPV	شاخص سودآوری	بازگشت سرمایه با احتساب زمان ساخت
سرمایه گذار	**۱۰%**	**۲۸۳,۸۲۲**	**۷%**	**۲۹۸,۳۳۱**	**۹%**	**۸.۵**

با توجه به فروضی که در نظر گرفته شده است، نرخ بازده داخلی این سرمایه‌گذاری برای سرمایه‌گذار ۱۰٪ خواهد بود. البته بسیاری از متغیرهای فرض شده دارای نوسان خواهند بود و محاسبات انجام شده تا به حال، به صورت استاتیک انجام شده است. حال اگر بخواهیم محاسبات انجام شده را پویا نموده و برخی از پارامترها را تغییر دهیم و نتیجه تغییر فوق را ملاحظه کنیم باید تحلیل حساسیت انجام دهیم که در ادامه برخی از پارامترهای مهم را در بازه‌های ۲۰٪+ و ۲۰٪- نوسان داده و نتایج به دست آمده را در جدولی نشان داده‌ایم.

میزان سرمایه‌گذاری اولیه ۷،۷۷۵،۰۰۰ دلار در نظر گرفته شده است که میانگین هزینه سرمایه‌گذاری در امریکا است. با این میزان سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذار بازده ۱۰ درصدی خواهد داشت. حال در صورتی که سایر عوامل و پارامترها ثابت باشند مشاهده می‌کنید که با نوسان هزینه سرمایه‌گذاری، بازده داخلی پروژه نفت خام رستی به شدت نوسان می‌کند.

جدول ۶. تحلیل حساسیت: تغییر میزان سرمایه‌گذاری اولیه به میزان ۲۰٪+- و ثبات سایر شرایط

متغیرها / درصد تغییر	-۲۰٪	-۱۰٪	-۵٪	۰٪	۵٪	۱۰٪	۲۰٪
عنوان	نتیجه	نتیجه	نتیجه	مقدار اولیه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
نرخ بازده داخلی (IRR) پروژه	۱۳.۰%	۹.۶%	۸.۱%	۶.۷%	۵.۵%	۴.۴%	۲.۴%
نرخ بازده داخلی (IRR) پیمانکار امریکایی	۳۵.۱%	۱۷.۷%	۱۳.۳%	۱۰.۱%	۷.۵%	۵.۴%	۲.۲%
بازگشت سرمایه پروژه	۵.۵	۷.۵	۸.۵	۸.۵	۸.۵	۹.۵	۱۰.۵
بازگشت سرمایه پیمانکار امریکایی	۳.۵	۷.۵	۸.۵	۸.۵	۹.۵	۱۰.۵	۱۱.۵

جدول ۷. تحلیل حساسیت: تغییر میزان هزینه‌های عملیاتی به میزان ۲۰٪+- و ثبات سایر شرایط

متغیرها / درصد تغییر	-۲۰٪	-۱۰٪	-۵٪	۰٪	۵٪	۱۰٪	۲۰٪
عنوان	نتیجه	نتیجه	نتیجه	مقدار اولیه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
نرخ بازده داخلی (IRR) پروژه	۱۰.۳%	۸.۵%	۷.۶%	۶.۷%	۵.۹%	۵.۰%	۳.۴%
نرخ بازده داخلی (IRR) پیمانکار امریکایی	۱۸.۲%	۱۳.۹%	۱۱.۹%	۱۰.۱%	۸.۴%	۶.۸%	۳.۸%
بازگشت سرمایه پروژه	۶.۵	۷.۵	۷.۵	۸.۵	۸.۵	۹.۵	۱۰.۵
بازگشت سرمایه پیمانکار امریکایی	۷.۵	۸.۵	۸.۵	۸.۵	۹.۵	۹.۵	۱۰.۵

همان طور که مطالعات و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حال کاهش است و در نتیجه در صورتی که قیمت نفت به زیر ۵۲ دلار نرسد و هزینه‌های عملیات استخراج نفت نیز نوسانی نداشته باشند، انگیزه سرمایه‌گذاری در مخازن نفت رستی افزایش خواهد یافت.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

هزینه‌های عملیاتی برای هر بشکه نفت خام ۲۷ دلار در نظر گرفته شده است که میانگین هزینه‌ها در امریکا است. این میزان هزینه عملیاتی، بازده ۱۰ درصدی برای سرمایه‌گذارخواهد داشت. حال در صورتی که سایر عوامل و پارامترها ثابت باشند مشاهده می‌کنید که با نوسان هزینه‌های عملیاتی، بازده داخلی پروژه نفت خام رستی به شدت نوسان می‌کند.

همان طور که مطالعات و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند هزینه‌های عملیاتی در حال کاهش است و در نتیجه در صورتی که قیمت نفت به زیر ۵۲ دلار نرسد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری استخراج نفت نیز نوسانی نداشته باشند، انگیزه سرمایه‌گذاری در مخازن نفت رستی افزایش خواهد یافت.

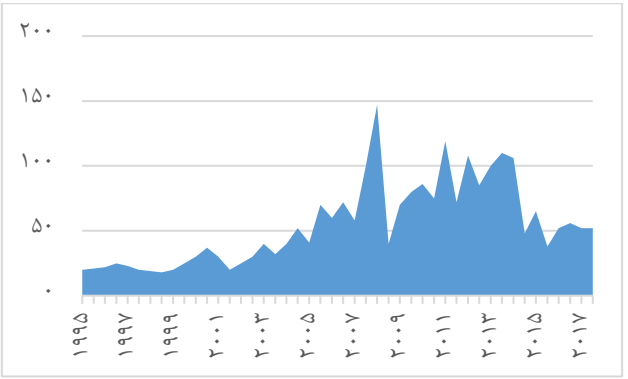
قیمت نفت خام ۵۲ دلار در نظر گرفته شده است که قیمتی است که طبق محاسبات ما در آن با توجه به میانگین سرمایه‌گذاری ثابت و هزینه‌های عملیاتی حال حاضر، نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری در یک چاه نفت رستی بابر با ۱۰٪ است. حال در صورتی که سایر عوامل و پارامترها ثابت باشند مشاهده می‌کنید که با نوسان قیمت، بازده داخلی پروژه نفت خام رستی به شدت نوسان می‌کند. در صورتی که قیمت نفت در *طولانی مدت* به زیر ۴۵ دلار (۱۰٪-) برسد دیگر سرمایه‌گذاری در نفت رستی در امریکا با فناوری موجود توجیه نخواهد داشت.

جدول ۸. تحلیل حساسیت: تغییر قیمت نفت از ۵۲ دلار به میزان ۲۰٪+- با فرض ثبات سایر شرایط

متغیرها / درصد تغییر	۲۰٪-	۱۰٪-	۵٪-	۰٪	۵٪+	۱۰٪+	۲۰٪+
عنوان	نتیجه	نتیجه	نتیجه	مقدار اولیه	نتیجه	نتیجه	نتیجه
نرخ بازده داخلی (IRR) پروژه	-۰.۳%	۳.۰۳%	۴.۹%	۶.۷%	۸.۵%	۱۰.۴%	۱۴.۲%
نرخ بازده داخلی (IRR) پیمانکار امریکایی	-۱.۸%	۳.۶%	۶.۷%	۱۰.۱%	۱۳.۹%	۱۸.۲%	۲۸.۴%
بازگشت سرمایه پروژه	۱۳.۵	۱۰.۵	۹.۵	۸.۵	۷.۵	۶.۵	۵.۵
بازگشت سرمایه پیمانکار امریکایی	۱۴.۵	۱۰.۵	۹.۵	۸.۵	۸.۵	۷.۵	۲.۵

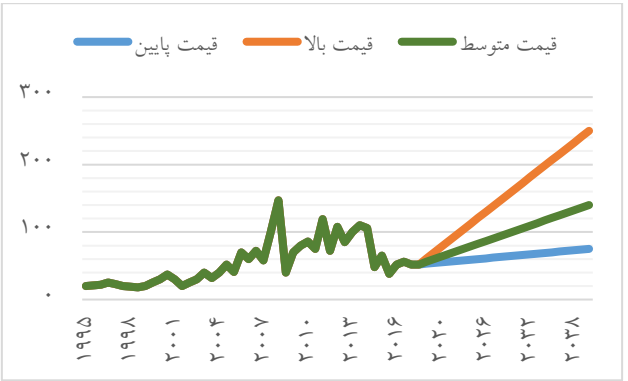
همان طور که مطالعات و پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند قیمت نفت با کمک اوپک و عربستان و به نفع سرمایه‌گذاران امریکایی به آرامی در حال افزایش است و در نتیجه در صورتی که هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیات استخراج نفت نیز نوسانی نداشته باشند، انگیزه سرمایه‌گذاری در مخازن نفت رستی افزایش خواهد یافت [۳].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]



نمودار ۹. تغییرات قیمت نفت خام از سال ۱۹۹۵ تا به امروز [۱۱].

آمریکا میزان وابستگی خود به نفت وارداتی را از ۶۰ درصد در سال ۲۰۰۵ به کمتر از ۴۰ درصد در سال ۲۰۱۶ میلادی کاهش داده است، متوسط حجم نفت و فرآورده‌های نفتی وارداتی آمریکا از کشورهای عضو اوپک در سال ۲۰۰۷ بیش از ۵.۹ میلیون بشکه در روز بوده است که از سال ۲۰۰۸ میلادی تاکنون با روندی نزولی مواجه شده و در سال ۲۰۱۶ به ۳.۴ میلیون بشکه کاهش یافته است. تولید منابع غیرمتعارف نفت خام آمریکا در سال ۲۰۰۵ میلادی حدود ۴۰۰ هزار بشکه در روز بوده که این میزان در سال ۲۰۱۶ به حدود ۳.۵ میلیون بشکه در روز افزایش یافته است. به عبارت دیگر سهم منابع غیر متعارف نفت آمریکا در تولید نفت این کشور از هشت درصد در سال ۲۰۰۵ میلادی به بیش از ۴۰ درصد در سال ۲۰۱۶ میلادی افزایش یافته است[۱۴].



نمودار ۱۰. پیش‌بینی تغییرات قیمت اسپات نفت خام برنت در ۳ سناریو تا سال ۲۰۴۰ [۱۱]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

با وجود پیش‌بینی‌های آژانس‌های مختلف انرژی درباره میزان تولید بالای نفت و گاز رستی و تحقق آرزوی استقلال انرژی آمریکا در زمینه واردات نفت و گاز، توجه به این نکته ظریف بسیار مهم است که باید بین استقلال انرژی و خودکفایی انرژی تمایز قائل شد. آمار در دسترس نشان می‌دهد که این کشور در سال ۲۰۳۰ به خودکفایی انرژی نمی‌رسد و به‌جز گاز و ذغال‌سنگ، واردات نفت آن ادامه خواهد یافت؛ درواقع، نقصان انرژی آن در حد ۵ درصد خواهد بود. حتی اگر موفق شود این ۵ درصد را نیز تأمین کند باز قیمت‌های انرژی در بقیه دنیا بر روی آن به‌واسطه تجارت نفت، گاز و ذغال‌سنگ تأثیر خواهد گذاشت. البته این امر به‌معنای آن است که قطعاً این کشور از کاهش وابستگی خود به واردات، برتری اقتصادی پیدا خواهد کرد [۱۶].

درباره پیامدهای تولید نفت و گاز رستی برای خاورمیانه به شکل عام و خلیج فارس به شکل خاص، تصور می‌شد که به‌دنبال بی‌نیازی آمریکا به نفت منطقه، از حضور سیاسی و نظامی چشمگیر این کشور در خاورمیانه به‌شدت کاسته خواهد شد، اما نکته مهم این است که نفت خلیج فارس قبل از تولید نفت خام رستی در حدود ۱۰ درصد کل نیاز آمریکا را تأمین می‌کرده و چندان جایگاه مهمی در واردات انرژی این کشور نداشته است[۳]. درکل، اهمیت نفت خاورمیانه برای اقتصاد و سیاست جهانی بوده که به این کشور در تعریف منافع راهبردی‌اش کمک کرده تا خود نفت. لذا خلیج فارس و خاورمیانه همین بعد اهمیت خود را حفظ خواهد کرد و در سال‌های آتی به حفظ اهمیت راهبردی خلیج فارس کمک خواهد نمود[۴].

بر خلاف آمریکا منابع نفت رستی در اروپا تاکنون به دلایل متعددی از جمله تراکم بالای جمعیت، وجود موانع متعدد در دستیابی به زمین، عدم برخورداری از حمایت‌های حقوقی و مشکلات زیست محیطی و حقوقی نتوانسته است چندان توسعه یابد.

استخراج نفت رستی با استفاده از تکنولوژی شکاف هیدرولیکی به مرحله‌ای رسیده که در زمان حمایت از آن که قیمت نفت بالا بود[۱۵]، بازگشت سرمایه گذاری‌های نفت رستی انجام شده است و در حال حاظر امریکا جهت جلوگیری از ورود رقبایی مانند روسیه و چین به تولید نفت رستی، به کمک عربستان، قیمت نفت را تا جایی که بیشترین منافع را کسب نماید و از سوی دیگر، سایر رقبا وارد بازار نشوند، پایین نگه خواهد داشت. از سوی دیگر با برداشته شدن موانع قانونی، صادرات فرآورده‌های نفتی از ایالات متحده نیز از سال ۲۰۱۶ شروع شده است.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

٤. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پس از بررسی ابعاد فنی، اقتصادی، سیاسی و حقوقی تولید نفت رستی و مشکلات زیست محیطی و حمایت‌های قانونی و سیاسی از تولید نفت رستی در امریکا در این مقاله به بررسی هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی تولید نفت رستی پرداختیم. بر اساس یک مدل مالی برای تحلیل حساسیت رفتار سرمایه‌گذاران به قیمت نفت و انواع هزینه‌های سرمایه‌گذاری و تولید نفت رستی به این نتیجه رسیدیم که به طور میانگین، برای شرکت‌هایی که دسترسی به فناوری روز شکاف هیدرولیکی دارند، قیمت ۵۲ دلار برای بازدهی ۱۰٪ سرمایه‌گذاری در این صنعت قیمت متعادلی است.

با بررسی پیش‌بینی‌ها از متغیرهای مربوط به تولید نفت رستی تا چند سال آینده و سیاست‌های استقلال انرژی در امریکا، به این نتیجه رسیدیم که دلیل حمایت از قیمت‌های بالای نفت در سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ اقتصادی کردن تولید انبوه نفت رستی و ارتقای فناوری مربوطه در این کشور بوده است. از سال ۲۰۱۵ به بعد با توجه به ارتقای فناوری تولید نفت رستی و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی نفت رستی و علاوه بر آن بازگشت سرمایه اکثر سرمایه‌گذاران در این حوزه با قیمت‌های خوب چهار سال مذکور، جهت جلوگیری از رشد فناوری در سایر کشورها خصوصا چین و روسیه، قیمت نفت تا حداقل قیمت قابل تحمل سرمایه‌گذاران امریکایی در نفت رستی کاهش یافت و حتی در سال ۲۰۱۷ زمانی که قیمت نفت برای چند ماه پایین تر از ۵۲ دلار شد با کمک اوپک و خصوصا عربستان قیمت نفت به بالای ۵۲ دلار برگشت تا تولید نفت رستی همواره برای سرمایه‌گذاران امریکایی توجیه داشته باشد. اما قیمت نفت به اندازه‌ای که برای سایر کشورها انگیزه توسعه فناوری تولید نفت رستی به وجود آورد افزایش نخواهد نیافت. در نتیجه با محاسبات انجام شده به این نتیجه رسیدیم که تولید نفت رستی در امریکا در دهه آینده همواره در حال رشد خواهد بود و جهت حمایت از تولیدکنندگان نفت رستی، اجازه کاهش قیمت بین‌المللی نفت به زیر ۵۲ دلار در بلند مدت داده نخواهد شد مگر آنکه با ارتقای تکنولوژی و کاهش هزینه تولید، سود سرمایه‌گذاران در نفت رستی امریکا علی رغم کاهش قیمت نفت، همچنان حفظ شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

منابع

[۲۱] قاسمیان، سلیمان (۱۳۹۲)، "انقلاب منابع نفتی نامتعارف و تغییر الگوی ژئوپلتیک نفت"، *ماهنامه اکتشاف و تولید*، شماره ۱۰۳، صص ۲۲–۱۵.

[۱] لطفی یار، امینه (۱۳۹۴) "مروری بر روش‌های افزایش برداشت در مخازن نامتعارف شیل نفت"، *ماهنامه اکتشاف و تولید*، شماره ۱۲۶، صص ۷۱–۷۵.

[۲] لطفی یار، امینه (۱۳۹۵) "بررسی شیل‌ها به عنوان منابع نامتعارف"، *ماهنامه اکتشاف و تولید*، شماره ۱۳۵، صص ۷۲–۶۵

[۳] یونس آرا، عبدالله (۱۳۹۳)، "منابع غیرمتعارف، قواعد بازی نفت را تغییر داده است"، *ماهنامه اکتشاف و تولید*، شماره ۱۱۴.

[4] Andrews A. (2006), "Oil Shale: History, Incentives, and Policy", CRS Report for Congress, https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metacrs9211.

[5] Bartis J.T. (2005), "Oil Shale Development in the United States: Prospects and Policy Issues", https://fas.org/sgp/crs/misc/RL33359.pdf

[6] Berman A. (2015), "Why The Oil Price Collapse Is U.S. Shale's Fault available at: https://oilprice.com/Energy/Oil-Prices/Why-The-Oil-Price-Collapse-Is-U.S.-Shales-Fault.html

[7] Brady W.J. (2012), *Hydraulic Fracturing Regulation in the United States: The Laissez-Faire Approach of the Federal Government and Varying State Regulations: an Introduction to Hydraulic Fracturing in The U.S.,* University of Denver. available at: https://www.law.du.edu/documents/faculty-highlights/intersol-2012-hydrofracking.pdf

[8] Congressional Budget Office of U.S. (2012), "The Economic and Budgetary Effects of Producing Oil and Natural Gas From Shale", available at: https://www.cbo.gov/publication/49815

[9] EIA U.S (2015), "Trends in U.S. Oil and Natural Gas Upstream Costs", available at: https://www.eia.gov/analysis/studies/drilling

[10] EIA U.S. (2013), "World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment, Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources", Advanced Resources International Inc., available at: https://www.eia.gov/conference/2013/pdf/presentations/kuuskraa.pdf

[11] EIA U.S. (2016), "International Energy Outlook", available at: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf

[12] EIA U.S. (2017), "World Shale Resource Assessments", available at: http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas /

[13] EIA US (2015), "Annual Energy Outlook 2015: With Projections to 2040", available at: https://www.hsdl.org/?abstract&did=767364

[14] Ernst and Young Global Limited Company (2014), "US Upstream: Costs, Prices and the Unconventional Treadmill", available at:

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]

http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-US-upstream-costs-prices-and-the-unconventional-treadmill/$FILE/EY-US-upstream-costs-prices-and-the-unconventional-treadmill.pdf

[15] Hughes J.D. (2014), "Drilling Deeper: A Reality Check on U.S. Government Forecasts for a Lasting Tight Oil and Shale Gas Boom", Post Carbon Institute, available at: http://euanmearns.com/drilling-deeper-a-reality-check-on-u-s-government-forecasts-for-a-lasting-tight-oil-shale-gas-boom

[16] Webster J. (2014), "Going Global Tight Oil Production", available at: https://www.eia.gov/conference/2014/pdf/presentations/webster.pdf

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-20]