فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی/ سال هفدهم / شماره ۶۸/ بهار ۱۴۰۰/ صفحات ۱۹۴-۱۷۵

بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC

مریم خرّم
دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، Mary_khorram@yahoo.com

تقی ترابی[۱]
دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.ttttorabi@gmail.com

عباس طلوعی اشلقی
استاد دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، toloie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۲

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC، و با استفاده از منابع معتبر داخلی و خارجی در صنعت نفت انجام شده است. روش تحقیق در این پژوهش جمع‌آوری اطلاعات، مصاحبه با خبرگان صنعت حفاری و کارشناسان اقتصادی، شناسایی شاخص‌های اقتصادی و فناورانه، تهیه و توزیع پرسشنامه مرتبط با شاخص‌های تعیین شده و تحلیل نتایج براساس مدل پویایی سیستم در بازه زمانی ۵ ساله (۱۳۹۶- ۱۳۹۲) می‌باشد. مهم‌ترین هدف این تحقیق اثبات تغییرات تکنولوژی در صنعت حفاری همراستا با تغییرات اقتصادی با استفاده از روش پویایی سیستم در محیط Vensim است. مهم‌ترین نتایج حاصله عبارتند از: تغییر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی همراه با تغییر در مقدار سطح اولیه نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری؛ نرخ رشد پویای متغیر "فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC)" جهت "بهبود عملکرد در صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ در پایین‌ترین وضعیت خود یعنی حدود ۲,۱ درصد قرار داشته و با رشدی متوسط در سال ۱۳۹۴ به ۵ درصد و با رشدی متوسط در سال ۱۳۹۶ به بالاترین میزان رشد خود، یعنی ۸/۵ درصد رسیده است. همچنین تغییرات فناوری در صنعت حفاری در بازه زمانی ۵ ساله افزایش یافته و همانگونه که از عملکرد صنعت حفاری در مدل پویای سیستم قابل مشاهده است، شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی، همسو با نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری نیز در طی این سال‌ها افزایش یافته است.

طبقه بندی JEL: O33،D25،Q49،L71،A1

کلید واژه‌ها: جنبه‌های اقتصادی، تغییرات فناوری، صنعت حفاری، MRC، محیط پویای سیستم Vensim

---

۱. نویسنده مسئول

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

۱- مقدمه

تولید محصولات هیدروکربوری اعم از نفت و گاز یکی از گران‌ترین و پیچیده‌ترین عملیات‌های حفاری در جهان می‌باشد (مهدی پور و همکاران، ۱۳۹۷)، در این میان عملیات اکتشاف و بهره‌برداری (تولید) که مشخصاً بخش بالادستی صنعت نفت را تشکیل می‌دهند خود با مهارت‌ها، فناوری‌ها و علوم بسیار گسترده‌ای سروکار دارند. به‌دلیل سرعت تغییرات فناوری در سال‌های اخیر و کثرت فناوری‌های اکتشاف، استخراج، تولید و عرضه نفت و گاز، تنها تعداد انگشت شماری از کشورهای دنیا به‌عنوان تولیدکننده‌های اصلی کالاها، دانش فنی و فناوری‌های مورد نیاز این مهم، در صنعت عظیم نفت وگاز، صاحب عنوان و سبک منحصر بفرد می‌باشند (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). پیشرفت فناوری، همراه با تنوع تولید و ارتقاء کیفیت، ایجاد مزیت‌های رقابتی را به دنبال دارد که این الگو در یک بنگاه، از یک طرف باعث کاهش هزینه‌های تولید و رشد بهره‌وری شده و از سوی دیگر، انتقال و توسعه فناوری از یک بنگاه به یک بنگاه دیگر، موجب رشد ارزش افزوده در اقتصاد خواهد شد (عباسپور[1] و همکاران، ۲۰۱۸) و (پریرا[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

دستیابی به فناوری‌های جدید موجب افزایش تولید، ارتقاء بهره‌وری، دستیابی به منابع دور از دسترس و غیرمتعارف و درنهایت تولید ارزش افزوده را به همراه خواهد شد. در صنعت نفت، مخازن نفتی و گازی در حقیقت منابع عظیمی از سیالات هیدروکربوری هستند که دارای شرایط فیزیکی و شیمیائی خاص خود می‌باشند (اسماعیل‌نیا، بابایی، ۱۳۹۸ و داوری و همکاران، ۱۳۹۲). در طول کل فرآیند اکتشاف، استخراج، تولید و بهره‌برداری، نیاز است تا رفتار سیال و ساختار زمین‌شناسی محل‌های مورد نظر تا حد امکان به‌خوبی شناسایی شده و عملیاتی که برای دستیابی به منابع عظیم آن‌ها انجام می‌گیرد، با دیدی باز و علمی تعیین گردد. در دنیای رقابتی امروز، بسیار مهم است که یک شرکت براساس شاخص‌های اقتصادی ارزش آفرینی (اقتصاد)، کارآمدی و اثربخشی فعالیت کند. حفظ تعادل در پیاده‌سازی این سه شاخص به بنگاه اجازه می‌دهد که انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و پاسخ‌های سریع‌تری برای چالش‌های جاری و آتی از خود نشان دهد (کفایی، نژادآقائیان وش، ۱۳۹۶). این سه E عبارتند از: اثربخشی[3]، کارایی[4] و اقتصاد[5] که برای حرکت به سمت استراتژی‌های پرسود و بلندمدت

1. Abbaspour
2. Pereira
3. Effectivenes
4. Efficiency
5. Economy

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

باید در یک شرایط تعادل توسعه یافته باشند. به‌عبارت دیگر اثربخشی یعنی رسیدن به اهداف، کارآیی یعنی همان انجام صحیح و در جهت نیل به اهداف و اقتصاد یا به‌عبارتی دیگر ارزش آفرینی همان کاهش هزینه‌های ورودی است. تدوین اهداف اقتصادی بلندمدت همیشه در شرکت‌های ارزش‌گذار و موفق وجود دارد. رسیدن به حالت تعادل برای این سه E به آسانی محقق نمی‌گردد و نیاز به تعهد قوی مدیریت سازمان در تولید با کیفیت و هزینه درست و نوآوری مطلوب دارد. یعنی باید محصولات و خدمات به درصد بالایی از شاخص‌های مطلوب برسند تا تولید ارزش افزوده بیشتری را برای شرکت ایجاد نمایند. در مقاله حاضر مسئله اصلی این است که با تغییر فناوری‌ها در فرآیند حفاری افقی و به خصوص در روش حفاری چاه‌های با بیشینه سطح تماس مخزن MRC[1]، چه اثرات اقتصادی در بخش حفاری و تولید سیالات در صنعت نفت حاصل خواهد شد. به بیان دیگر، کدامیک از شاخص‌های اقتصادی هم در کلان اقتصاد، هم در بخش خرد و هم در بخش اقتصاد نفتی تحت تأثیر تغییرات فناوری‌ها در فرآیند حفاری افقی هستند.

۲- مبای نظری

برای پی بردن به مسایل سازمان و مدیریت و کوشش در جهت حل آنها استفاده از ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی ضرورت یافته است. در راستای بر آوردن این نیاز، در دهه اخیر ترکیب روش‌های کمی و کیفی، با عنوان روش‌های تحقیق ترکیبی (آمیخته) رایج شده است (بازرگان، ۱۳۸۷). در واقع این تحقیق نیز با *پارادایم ترکیبی* پیش خواهد رفت. این تحقیق از لحاظ هدف یک تحقیق اکتشافی است که بر روش‌های کیفی تأکید دارد. در این طرح‌ها معمولاً از طریق پژوهش کیفی به تدوین یک ابزار اندازه‌گیری پرداخته می‌شود. برای این منظور با گردآوری و تحلیل داده‌های کیفی به تعیین جنبه‌های اصلی پدیده مورد بررسی پرداخته می‌شود. هم‌چنین به‌دلیل ناشناخته بودن شاخص‌های اقتصادی عملکردی در حفاری افقی، اتخاذ *رویکرد اکتشافی* ضروری است.

در واقع در راستای پاسخ به سوالات تحقیق از *دو رویکرد کمی و کیفی* استفاده خواهد شد. شناخت شاخص‌های اقتصادی عملکردی و بررسی تغییرات آنها در پی تغییرات فناوری در روش حفاری افقی نیازمند درک، فهم و موشکافی روابط پدیده‌ها و فرآیندها و نهایتا ایجاد یک نقشه راه می‌باشد.

1. Maximum Reservoir Contact

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

یورگنسن و گریلیچس[1] (۱۹۶۷) از مدلی استفاده نموده‌اند که عدم تجانس بسیاری بین فناوری‌های مختلف را نشان می‌دهد. با شناسایی دقیق این نوع تفاوت‌ها می‌توان یک تخمین از "جریانات فناوری" (پریرا و همکاران، ۲۰۱۵) ، (بنس[2] و همکاران، ۲۰۱۵)، (دانشی و شمشیری، ۱۳۹۴). هنگامی که بنگاهی به یک تغییر نسبی برای کاهش قیمت‌ها (به‌طور مثال جانشین کردن تجهیزات با فناوری پیشرفته) پاسخ می‌دهد، قسمت اعظم سرمایه‌گذاری در فناوری با تولید نهایی نسبتاً بالاتر خواهد بود و بیانگر تغییر ترکیب فناوری به سمت فناوری‌هایی با تولید نهایی بالاتر است. در حقیقت، "فناوری" به معنای کاربرد منظم معلومات علمی و دیگر آگاهی‌های نظام یافته برای انجام وظایف عملی است، به بیان ساده‌تر، فناوری کاربرد عملی دانش و ابزاری برای کمک به تلاش انسان است و تأثیر به‌سزایی بر توسعه جوامع بشری دارد (هاوسمن[3] و همکاران، ۲۰۰۴). که از طریق، مدیریت فناوری که عبارت است از مدیریت سیستم‌هایی که به ایجاد، کسب و استفاده از فناوری مشغول هستند و یا به آن کمک می‌کنند صورت می‌گیرد. در صنعت نفت و گاز پس از اتمام موفقیت‌آمیز عملیات اکتشاف، عملیات حفاری در طول تمامی مراحل توسعه میدان نفتی در دریا و یا خشکی انجام می‌شود. حفاری یکی از عملیات پیچیده، گران و بسیار تخصصی به‌منظور دستیابی به این منابع عظیم زیر زمینی در صنعت نفت به‌شمار می‌رود. هر کاری که قبل از حفاری انجام می‌شود، در صورتی که حفاری به‌درستی انجام نگیرد بی‌فایده خواهد شد و نتیجه آن از دست دادن منابع عظیم نفتی و صرف هزینه‌های بالای اکتشاف خواهد بود. به همین دلیل صنعت حفاری از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (دانشی و شمشیری، ۱۳۹۴ و داوری و همکاران، ۱۳۹۲). تکمیل موفقیت‌آمیز چاه نفت در ادامه و تولید و بهره‌برداری نیز به نوبه خود نیاز به فناوری‌های متفاوت و بسیار داشته و هزینه‌های خاص خود را می‌طلبد. انواع روش‌های حفاری از نظر مسیر حفاری عبارتند از: حفاری عمودی، حفاری انحرافی و حفاری افقی است. حفاری چاه‌های نفت و گاز عملیاتی دقیق، حساس و طاقت فرسا، که به‌دلیل پیچیدگی فناوری و تنوع تخصص‌های وابسته به آن امروزه به‌صورت انحصاری توسط تعداد معدودی از شرکت‌های بزرگ در دنیا انجام می‌شود (رینیش[4] و همکاران، ۲۰۱۸) و (ونگ[5] و همکاران، ۲۰۱۸) و (اکپدی[6]، ۲۰۱۰).

1. Jogenson and Griliches
2. Benes
3. Houseman
4. Reinsch
5. Wang
6. Akpedeye

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

ابداع روش‌های جدید حفاری به‌منظور کاهش هزینه و آسان شدن عملیات از موضوعات مهم مورد توجه محققان این حوزه از صنعت می‌باشد. با توجه به وجود مخازن هیدروکربوری در مناطق سخت و دشوار و همچنین کاهش مدت زمان دوره حفاری که هزینه ثابت سنگینی را به دنبال دارد، متخصصان این رشته همواره در پی آن هستند تا مناسب‌ترین روش را براساس دانش فنی روز برای حفاری چاه نفت شناسایی و آماده فرایند عملیاتی کنند (داوری و همکاران، ۱۳۹۲و اسماعیل‌نیا، بابایی، ۱۳۹۸). یکی از این روش‌های جدید، حفاری چاه به روش MRC می‌باشد که با هدف افزایش سطح تماس با مخزن به‌وجود آمده است. طراحی این چاه‌ها به‌منظور افزایش شاخص عملکرد چاه با ایجاد اختلاف فشار کمتر بوده که منجر به پتانسیل بالاتر چاه و صرف هزینه کمتر می‌شود (سانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸) و (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸). چاه‌های MRC به‌صورت وسیعی توسط شرکت آرامکو عربستان در مخازن با تراوایی پایین تا متوسط و همچنین مخازن با ضخامت کم استفاده شده است. چاه MRC در تعریف به چاهی گفته می‌گردد که بیش از ۵ کیلومتر سطح تماس با مخزن داشته باشد. این سطح تماس می‌تواند از طریق یک یا چند شاخه صورت گیرد (کیو[2] و همکاران، ۲۰۱۸).

در عین حال می‌توان گفت حفاری یکی از مراحل اصلی دستیابی به نفت است که نیازمند اجزا و امکانات خاص خود است، به‌طوری‌که فناوری‌های متفاوتی را در هر یک از اجزا شامل می‌شود. رشد فناوری‌ها در هر بخش از حفاری منجر به تولید بیشتر و درنهایت به‌طور غیرمستقیم توسعه اقتصادی می‌گردد. با توجه به آنچه که در خصوص مبانی تئوری "3E" گفته شد، می‌توان به تعاریف ذیل در مبانی نظری این تحقیق اشاره نمود. اقتصاد یعنی انجام دادن کارها تا حد ممکن ارزان و اجتناب از خرج کردن بیشتر از مقدار لازم. کارآیی یعنی انجام دادن کارهای درست و حدف فرایندها و فعالیت‌هایی که تأثیر در اتمام محصول ندارند. اثر بخشی یعنی انجام دادن کارهای بسیار خوب و درست و اطمینان از همراستا بودن نتیجه نهایی با نیاز و تقاضای مشتری لازم به ذکر است. شاخص‌های این تحقیق بر همین اساس استخراج، تعریف و دسته‌بندی گردیده است. چارچوب نظری این پژوهش با توجه به توضیحات ارائه شده در جدول ذیل دسته‌بندی شده است.

1. Song
2. Kuo

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

جدول ۱. چارچوب نظری پژوهش

کارایی	شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸) و (پریرا و همکاران، ۲۰۱۵) و (بنس و همکاران، ۲۰۱۵)	افزایش تولید در صنعت حفاری ارتقاء بهره‌وری در صنعت حفاری دستیابی به منابع دور از دسترس در صنعت حفاری تولید ارزش افزوده در صنعت حفاری
کارایی	شاخص‌های عملکردی صنعت حفاری (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸) و (سانگ و همکاران، ۲۰۱۸) و (کیو و همکاران، ۲۰۱۸) و (رینیش و همکاران، ۲۰۱۸) و (ونگ و همکاران، ۲۰۱۸) و (اکپدی، ۲۰۱۰) و (کاظمی و علمشاهی، ۱۳۹۳) و (دقایقی و همکاران، ۱۳۹۵) و (مهدی‌پور؛ روحی؛ مکوندی و جعفری، ۱۳۹۷) و (نوروزی، امانی، ۱۳۹۶)	عملکرد صنعت حفاری از جنبه نسبت‌های نقدینگی عملکرد صنعت حفاری از جنبه نسبت‌های فعالیت عملکرد صنعت حفاری از جنبه نسبت‌های اهرمی عملکرد صنعت حفاری از جنبه نسبت‌های سودآوری
اقتصاد و ارزش آفرینی	شاخص‌های خرد و کلان اقتصادی (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸) و (پریرا و همکاران، ۲۰۱۵) و (بنس و همکاران، ۲۰۱۵) و (دانشی و دانشی، ۱۳۹۴) و (داوری و همکاران، ۱۳۹۲) و (کفایی، نژادآقائیان وش، ۱۳۹۶)	- مطالعه منحصر به فرد اقتصاد، تجزیه و تحلیل بازار، رفتار مصرف‌کنندگان و خانوارها و بنگاه‌ها - مطالعه شاخص‌های تجمعی مثل تولید ناخالص داخلی، نرخ بیکاری، درآمد ملی، شاخص قیمت و رابطه متقابل بین بخش‌های مختلف اقتصاد به‌منظور درک بهتر چگونگی عملکرد اقتصاد - برنامه‌ریزی و اجرای تغییرات فناورانه - کاهش زمان حفاری افقی - کاهش بار مالی حفاری افقی - بهبود جنبه‌های اقتصادی حفاری افقی
اقتصاد و ارزش آفرینی	اقتصاد فناوری در حفاری (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸) و (پریرا و همکاران، ۲۰۱۵) و (بنس و همکاران، ۲۰۱۵) و (دانشی، ۱۳۹۴) و (داوری و همکاران، ۱۳۹۲) و (اسماعیل نیا، بابایی، ۱۳۹۸)	- توجیه‌پذیری فنی (Technical Feasibility) - بررسی جنبه‌های اقتصادی و تجزیه و تحلیل مالی (Financial and Economical Analysis) - روش‌های انجام حفاری (ضربه ای؛ دوارنی؛ و لیزر) - انواع فناوری‌های حفاری دَورانی (-حفاری عمودی- حفاری جهت‌دار (انحرافی) -حفاری چاه باریک -حفاری لوله‌گذاری مارپیچ)
اثر بخشی	فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC) (عباسپور و همکاران، ۲۰۱۸) و (بنس و همکاران، ۲۰۱۵) و (کیو و همکاران،۲۰۱۸) و (سالامی[1]، ۲۰۰۵) و (کاظمی و علمشاهی، ۱۳۹۳) و (مهدی پور؛ روحی؛ مکوندی و جعفری، ۱۳۹۷)	- حفاری افقی (حفر چاه با زاویه حداکثر ۹۰ درجه - افزایش میزان تولید در چاه‌ها) - روش بیشینه سطح تماس با مخزن یا MRC (چاه دارای بیش از ۵ کیلومتر سطح تماس با مخزن) - چاه‌هایMRC: مدل چنگالی (دارای یک چاه مادر و دو چاه جانبی) و مدل استخوان ماهی (نیاز به بازگشت به زاویه اولیه با چاه مادر) - مزیت و چگونگی رفتار چاه‌های MRC: شاخص تولید (J)و رسوخ آب و نفت و کاهش واحد هزینه توسعه

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Salamy

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

در حقیقت، نوآوری این تحقیق در اینجاست که با بررسی مبانی نظری و مرور پیشینه پژوهش، شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی؛ فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC)؛ شاخص‌های خرد و کلان اقتصادی؛ شاخص‌های عملکردی صنعت حفاری؛ و اقتصاد فناوری در حفاری به‌منظور بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری؛ از برگزاری جلسات و مصاحبه با خبرگان و تهیه پرسشنامه و سپس استفاده از مدل پویایی سیستم جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC، مورد تحقیق قرار گرفته است.

۳- روش تحقیق

در این تحقیق از سیستم‌های پویا استفاده شده و با تدوین دو پرسشنامه و مصاحبه با نخبگان و خبرگان صنعت نفت و کارشناسان اقتصادی متغیرهای اصلی و فرعی تهیه و به‌منظور تحلیل نتایج و ورودی این مدل در نظر گرفته شد.

سیستم‌های پویا یک جنبه از نظریه سیستم‌ها[1] است و به‌عنوان روشی برای فهم رفتار پویا و مستمر در سیستم‌های پیچیده به‌کار می‌رود. در این پژوهش با استفاده از تکنیک پویایی سیستم و نرم افزار Vensim، روابط علت و معلولی و چگونگی تعامل میان فناوری‌های شناخته شده سنجیده خواهد شد تا بتوان ارتباط میان فناوری‌های فرآیند حفاری افقی و تغییرات شاخص‌های اقتصادی عملکردی را براساس تحلیل مسیر انجام گرفته ارائه نمود. براساس شاخص‌ها و مطالعات پویایی سیستم ضروری است که متغیرهای حالت، نرخ، کمکی را برای نرم افزار Vensim به‌شرح جدول ذیل مشخص گردد:

جدول ۲. نقش متغیرهای مدل تحقیق

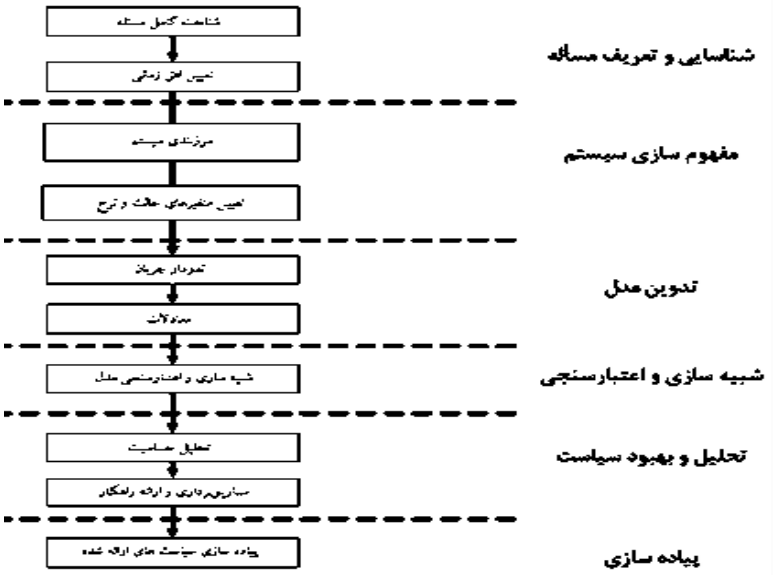
متغیر	نقش متغیر
شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی	حالت متغیر اصلی
نرخ شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی	نرخ
شاخص‌های خرد و کلان اقتصادی	کمکی متغیر فرعی
اقتصاد فناوری در حفاری	کمکی متغیر فرعی
شاخص‌های عملکردی صنعت حفاری	حالت متغیر اصلی
فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC)	حالت متغیر اصلی

منبع: یافته‌های تحقیق

1. Systems Theory

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

به‌طور کلی برای مدل‌سازی با سیستم پویا به‌منظور بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC براساس نظرات خبرگان و اطلاعات موجود در صنعت حفاری[1] با ۶ گام در نظرگرفته شده است که در نمودار زیر نشان داده شده است است (سانگ و همکاران، ۲۰۱۸) و (مورسیلو[2] و همکاران، ۲۰۱۸) و (ونگ و همکاران، ۲۰۱۸):



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۱. مراحل طراحی پویایی سیستم «بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری»

۴- تحلیل داده‌ها

به‌منظور انجام تحلیل با پویایی سیستم مراحل ذیل انجام گرفت:

افق زمانی مدل

با توجه به مدل مفهومی نهایی افق زمانی مدل وتنظیمات زیر در نظر گرفته شده است:

1. Data set
2. Morcillo

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

Final Time : زمان تمام شدن شبیه‌سازی (براساس پویایی سیستم سال ۱۳۹۶)
Initial Time : زمان ابتدایی شبیه‌سازی (براساس پویایی سیستم سال ۱۳۹۲)
aveper: طول زمان بین ذخیره‌سازی داده‌های شبیه‌سازی شده، که ضریبی از Time Step است و برای پژوهش حاضر ۵ سال می‌باشد.
Time: زمان جاری شبیه‌سازی سال ۱۳۹۲ درنظر گرفته شده است.
Time Step: نمو زمان (به‌صورت ۶۰ بار در ۵ سال)

تعیین مرز مدل

متغیرهای اصلی (درون زا) و فرعی (برون‌زا) پس از انجام مطالعات و جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان این صنعت و با استفاده از روش پویایی سیستم را می‌توان طبق جداول ذیل تعریف و مشاهده نمود:

جدول ۳. متغیرهای اصلی (درون زا) مدل

متغیرهای اصلی (درون زا) مدل Vensim	
A: شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی	C: شاخص‌های کارایی عملکرد صنعت حفاری
B: فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC)	D: شاخص‌های اثربخشی عملکرد صنعت حفاری
	E : اقتصاد فناوری در حفاری

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. متغیرهای برون‌زا مدل

متغیرهای برون‌زا (فرعی) مدل Vensim	
a1: شاخص‌های خرد مرتبط با فرآیندهای نفتی	c1: افزایش تولید در صنعت حفاری
a2: شاخص‌های کلان مرتبط با فرآیندهای نفتی	c2: عملکرد صنعت حفاری از جنبه نسبت‌های نقدینگی
a3: قیمت‌های تولیدکننده کالاهای صادراتی-وارداتی	c3: مدت زمان و سرعت عملکرد در صنعت حفاری
b1: فناوری‌های حفاری براساس مدل چنگالی	d1: رفتار چاه‌های MRC از جنبه شاخص تولید (J)
b2: فناوری‌های حفاری براساس مدل استخوان ماهی	d2: رفتار چاه‌های MRC از جنبه رسوخ آب و نفت
b3: فناوری‌های بهبود رفتار چاه‌های MRC	e1: مدیریت هزینه‌های حفاری
	e2: توجیه‌پذیری اقتصاد فناوری در حفاری

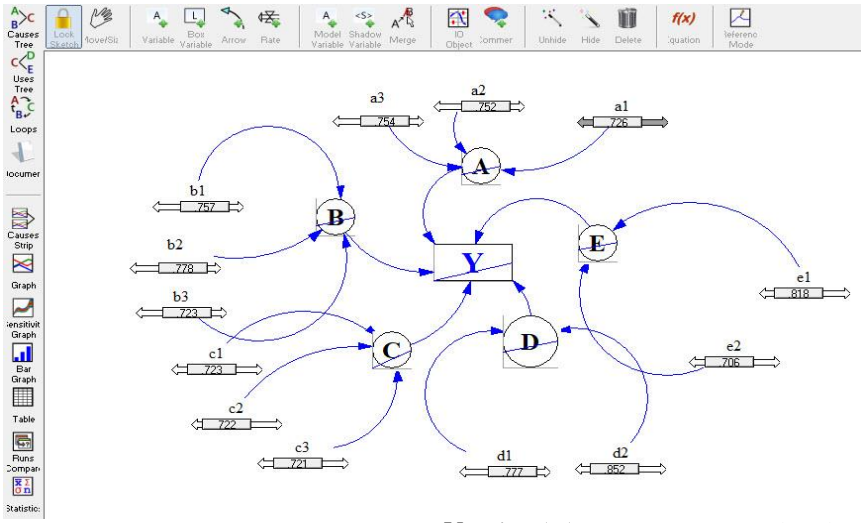
منبع: یافته‌های تحقیق

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

به‌عنوان مثال: متغیر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی با کد A دربرگیرنده شاخص‌های فرعی از قبیل: شاخص‌های خرد مرتبط با فرآیندهای نفتی (a1)، شاخص‌های کلان مرتبط با فرآیندهای نفتی (a2)، قیمت‌های تولیدکننده کالاهای صادراتی- وارداتی (a3)؛ تعریف و تعیین شدند به همین ترتیب طبق جدول بالا متغیرهای اصلی B,C,D E و شاخص‌های فرعی مرتبط با آنها یعنی (b1) , (b2) (b3), (c1) (c1) (c3), (d1) (d2)؛ (e1),(e2) تعریف و تدوین شدند و بر همین منوال به نرم افزار تغذیه گردیدند.

روابط علی معلولی مدل

نمودار ذیل روابط علی معلولی مدل مورد نظر را نشان می‌دهد که خروجی نرم افزار Vensim است:



منبع: یافته‌های تحقیق، خروجی نرم افزار Vensim

نمودار ۲. روابط علی معلولی مدل پویا

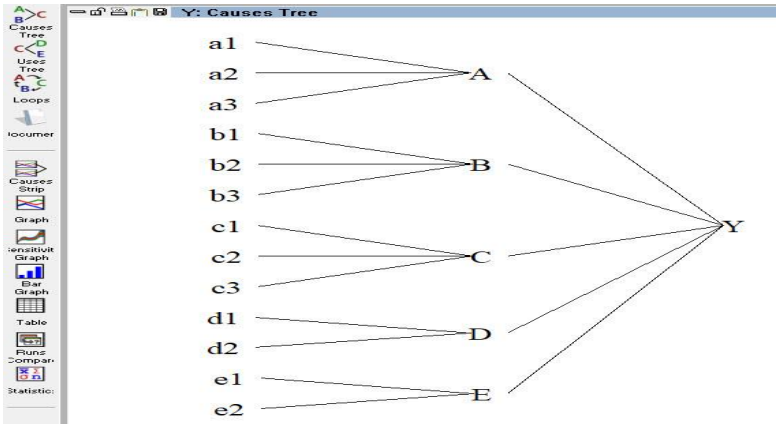
روابط علی معلولی مدل مدل Vensim و محاسبات پویایی سیستم، براساس متغیرهای دارای تأثیر بالای ۰/۷ جهت بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC، استخراج شدند. این روابط نشان می‌دهد که شاخص‌های

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

متغیرهای فرعی و یا کمکی هر کدام از متغیرهای اصلی دارای ضریبی برابر ۰/۷۲۶ بوده است به‌عنوان مثال شاخص‌های خرد مرتبط با فرآیندهای نفتی (a1) دارای ضریبی برابر با ۰/۷۲۶؛ شاخص‌های کلان مرتبط با فرآیندهای نفتی (a2) دارای ضریبی برابر با ۰/۷۲۶؛ قیمت‌های تولیدکننده کالاهای صادراتی- وارداتی (a3) دارای ضریبی برابر با ۰/۷۲۶؛ به‌عنوان شاخص‌های متغیر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی با کد A محاسبه شدند و به همین ترتیب سایر متغیرها نیر محاسبه گردیدند.

نمودار حالت جریان درخت علّی

نمودار حالت جریان امکان درک یک فرآیند یا برنامه را به همراه ارتباط بین عناصر آن در ساده‌ترین شکل، ممکن می‌سازد. که برای مدل مفهومی این تحقیق به‌صورت نمودار ذیل در نرم افزار Vensim به‌دست آمد.



منبع: یافته‌های تحقیق، خروجی نرم افزار Vensim

نمودار ۳. نمودار حالت جریان

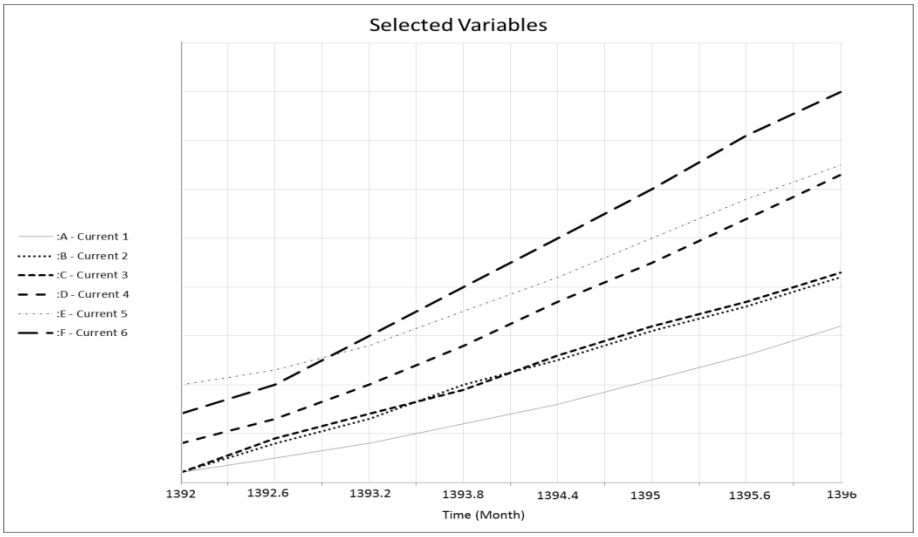
پس از به‌دست آوردن نمودار حالت جریان بایستی از صحت مدل در نرم افزار اطمینان حاصل شود که تست ثبات ابعادی دیمانسیون، برای مدل‌سازی تعادل ابعاد متغیرها در هر سمت معادلات انجام شد. با توجه به بدون بعد بودن متغیرهای غیر

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

فیزیکی مدل، واحد این متغیرها با واقعیت تطابق دارد و حاکی از آن است که مدل از صحت و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل نتایج

نتایج خروجی نرم افزار نشان می‌دهد که شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی نسبت به نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری رابطه معنا دار و همسویی دارد. در صنعت حفاری شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی همسو با نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ بوده که افزایش نیز یافته است.



منبع: یافته‌های تحقیق، خروجی نرم افزار Vensim

نمودار ۴. نمودار مقایسه‌ای نرخ رشد متغیرهای مدل Vensim

براساس نمودار فوق که نمودار مقایسه‌ای نرخ رشد متغیرهای مدل Vensim است، می‌توان به نتایج ذیل دست یافت: نرخ رشد پویای متغیر "اقتصاد فناوری در حفاری" یعنی نمودار دارای رنگ طوسی با کد A جهت "عملکرد صنعت حفاری"، کمترین مقدار رشد را داشته و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد بوده و با رشدی کم در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب به ر شدهای ۲/۵ و ۴ درصد رسیده است. به علاوه، نرخ رشد پویای متغیر "فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند

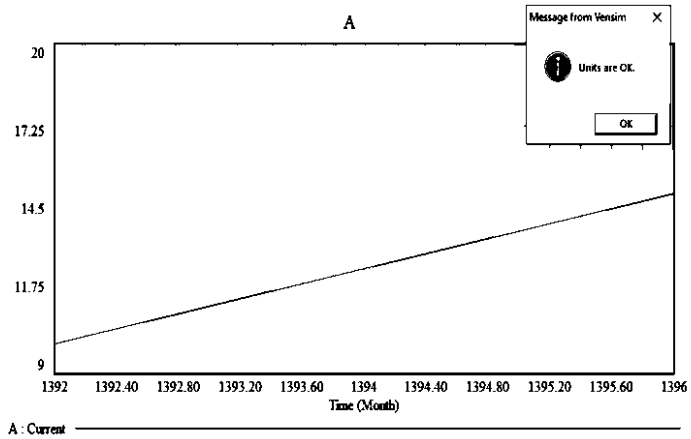
[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

MRC)" یعنی نمودار با علامت نقطه چین ریز با کد B جهت "عملکرد صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی را نشان می‌دهد و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار داشته و با رشدی متوسط طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب به ر شدهای ۳/۵ و ۶ درصدی رسیده که بالاترین میزان رشد ۶ درصد بوده است. ازطرفی، نرخ رشد پویای متغیر "شاخص‌های کارایی عملکرد صنعت حفاری" یعنی نمودار دارای خط چین متوسط با کد D جهت "عملکرد صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی را داشته و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار گرفته و با رشدی متوسط در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب معادل ۴/۵ و ۷/۵ گردیده است. هم‌چنین، همان‌طورکه مشاهده میشود، نرخ رشد پویای متغیر "شاخص‌های اثربخشی عملکرد صنعت حفاری" یعنی نمودار با علامت خط چین بزرگ با کد F جهت "عملکرد صنعت حفاری"، بیشترین رشد را داشته و در سال ۱۳۹۲ در وضعیت رشد حدود ۲ درصدی قرار داشته و با رشدی عالی در سال ۱۳۹۴ به رشد ۶ درصدی و در سال ۱۳۹۶ به بالاترین میزان رشد خود، یعنی ۱۰درصد (حالت بهینه) رسیده است. درنهایت، نرخ رشد پویای متغیر "اقتصاد فناوری در حفاری" یعنی نمودار با علامت خط چین ریز با کد C جهت "عملکرد صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی داشته و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار داشته و با رشدی مطلوب در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب به رشد ۳/۵ درصدی و ۶ درصد رسیده است.

اعتبارسنجی مدل

در مدل‌های پویایی اعتبار سنجی به دو نوع، اعتبار ساختاری و اعتبار رفتاری تقسیم شده است. متداول‌ترین تست‌ها شامل: مقایسه با نقاط مرجع، پایداری تحت شرایط آستانه و آنالیز حساسیت می‌باشد که اعتبار در مدل‌های پویایی سیستم براساس آمارهای توصیفی متغیرهای مدل Vensim در خصوص این تحقیق انجام شده است، که برای یک هدف به‌عنوان نمونه اشاره شده، و بقیه اهداف نیز به همین صورت اعتبارسنجی شدنده‌اند.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

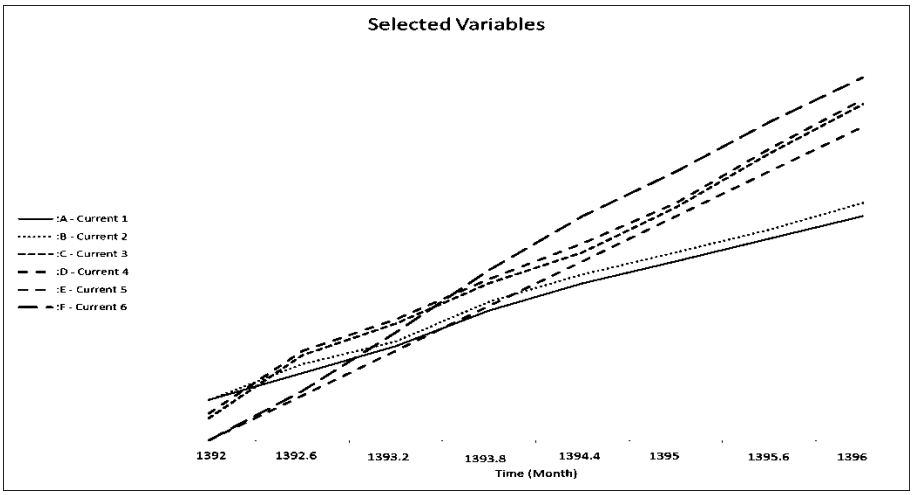


منبع: یافته‌های تحقیق، خروجی نرم افزار Vensim

نمودار ۵. نمودار اعتبارسنجی مدل براساس تغییرات پویا بین متغیر "شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی" و متغیر هدف "عملکرد صنعت حفاری"

با توجه به نتایج مدل‌سازی و متغیرهای تعریف شده در صنعت حفاری، شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی همسو با نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ افزایش یافته است. درحقیقت، براساس اطلاعات نمودار اعتبارسنجی متغیرهای مدل Vensim، نرخ بهینگی اعتبارسنجی متغیر "شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی" یعنی نمودار با کد A جهت "عملکرد صنعت حفاری"، کمترین مقدار بهینگی اعتبارسنجی را داشته است و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱۰ درصد قرار داشته و با بهینگی اعتبارسنجی کم در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به بهینگی اعتبارسنجی ۱۲ درصدی و ۱۵ درصدی رسیده است این روند به همین ترتیب برای سایر نمودارها نیز انجام شد. برای مدل‌سازی اعتبار ساختاری، مدل را در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ به کمک نرم افزار اجرا و داده‌های حاصل با داده‌های تاریخی موجود از صنعت حفاری مقایسه شد. اگرچه تطابق روندهای تاریخی با داده‌های حاصل از شبیه‌سازی به تنهایی نمی تواند تضمین کنندهٔ روندهای آینده باشد اما تا زمانی که رفتار و ساختار مدل شبیه‌سازی شده متناسب با مفروضات گذشته باشد می‌توان انتظار داشت پیش بینی‌ها با شرایط آتی مطابقت داشته باشند، که در نمودار (۶) آورده شده است.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]



منبع: یافته‌های تحقیق، خروجی نرم افزار Vensim

نمودار ۶. نمودار تغییر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی پس از تغییر در مقدار سطح اولیه نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری

تست ثبات ابعادی دیمانسیون، برای مدل‌سازی تعادل ابعاد متغیرها در هر دو سمت معادلات انجام شد که با توجه به بعد نداشتن متغیرهای غیر فیزیکی مدل، واحد این متغیرها با واقعیت تطابق دارد. از سوی دیگر با توجه به اینکه هدف این پژوهش مدل‌سازی روابط میان نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری و شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی است، بایستی از تست نوع آنالیز حساسیت و شرایط حدی استفاده نمود. در تغییر مقادیر پارامترها، رفتار متغیرهای مدل تحت کنترل مشاهده گردید. تست‌های کفایت مرزهای مدل، به‌منظور مدل‌سازی تناسب ساختار مدل با هدف مدل، صورت گرفته است. در مدل ارائه شده همه متغیرهای اصلی و کمکی، به‌عنوان متغیرهای درون زا در مدل فرموله شده‌اند. همچنین به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های پویا در عملکرد صنعت حفاری با رویکرد پویا، هر مدل می‌تواند بخشی از رفتار سیستم واقعی را بازسازی نماید. پس از انجام آزمون حدود نهایی متغیرهای کلیدی، آنالیز حساسیت، تست ثبات ابعادی دیمانسیون و آزمون مقایسه‌ای جواب شبیه‌سازی شده با اسناد و مدارک موجود، مشخص گردید که متغیرهای تأثیرگذار بر روی نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری و شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی نیز به‌عنوان

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

متغیر برون‌زا آورده شده است و با توجه به عدم تغییر زیاد این متغیرها، مدل می‌تواند تقریب مناسبی از رفتار واقعی آن‌ها بروز دهد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از مهم‌ترین نتایج تحقیق"بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC" عبارت است از اینکه، براساس اطلاعات نمودار مقایسه‌ای تغییر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی پس از تغییر در مقدار سطح اولیه نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری؛ نرخ رشد پویای متغیر "اقتصاد فناوری در حفاری" یعنی نمودار دارای رنگ طوسی با کد A جهت "عملکرد صنعت حفاری"، کمترین مقدار رشد را داشته است و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار داشته و با رشدی کم در سال ۱۳۹۴ به رشد ۳/۵ درصدی در سال ۱۳۹۶ به ۶ درصد رسیده است. به علاوه، نرخ رشد پویای متغیر "فناوری‌های حفاری افقی (فرآیند MRC)" یعنی نمودار با علامت نقطه چین با کد B جهت "عملکرد صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی را داشته است و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار داشته و با رشدی متوسطی در سال ۱۳۹۴ به رشد ۵ درصدی و در سال ۱۳۹۶ به ۸/۵ درصد رسیده است. ازطرفی، نرخ رشد پویای متغیر "شاخص‌های کارایی عملکرد صنعت حفاری" یعنی نمودار با خط چین متوسط با کد D جهت "عملکرد صنعت حفاری"، بیشترین مقدار رشد را داشته است و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۰/۱ درصد قرار داشته و با رشدی عالی در سال ۱۳۹۴ به رشد ۶ درصدی و در سال ۱۳۹۶ به بالاترین میزان رشد خود، یعنی ۹,۵ درصد (حالت بهینه) رسیده است. درحقیقت، نرخ رشد پویای متغیر "شاخص‌های اثربخشی عملکرد صنعت حفاری" یعنی نمودار با علامت خط چین بلند با کد F جهت "عملکرد صنعت حفاری"، رشد مطلوبی را داشته است و در سال ۱۳۹۲ در وضعیت رشد حدود ۱/۲ درصدی قرار داشته و با رشدی عالی در سال ۱۳۹۴ به رشد ۵ درصدی و در سال ۱۳۹۶ به ۸/۵ درصد رسیده است. درنهایت، نرخ رشد پویای متغیر "اقتصاد فناوری در حفاری" یعنی نمودار با علامت خط چین ریز با کد C جهت "عملکرد صنعت حفاری"، مقدار رشد متوسطی را داشته و در سال ۱۳۹۲ در پایین ترین وضعیت خود یعنی حدود ۱/۲ درصد قرار داشته و با رشدی مطلوب در سال ۱۳۹۴ به رشد ۴ درصدی و در سال ۱۳۹۶ به ۶/۵ درصد رسیده است. تست ثبات

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

ابعادی دیمانسیون، برای مدل‌سازی تعادل ابعاد متغیرها در هر دو سمت معادلات انجام شد که با توجه به بعد نداشتن متغیرهای غیر فیزیکی مدل، واحد این متغیرها با واقعیت تطابق دارد. از سوی دیگر با توجه به اینکه هدف این تحقیق مدل‌سازی روابط میان نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری و شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی است، از تست نوع آنالیز حساسیت و شرایط حدی بایستی استفاده نمود، که در تغییر مقادیر پارامترها، رفتار متغیرهای مدل تحت کنترل مشاهده گردید. تست‌های کفایت مرزهای مدل، به‌منظور مدل‌سازی تناسب ساختار مدل با هدف مدل، صورت گرفته است. در مدل ارائه شده همه متغیرهای اصلی و کمکی، به‌عنوان متغیرهای درون زا در مدل فرموله شده‌اند. همچنین به‌منظور اعتبار سنجی مدل‌های پویا در عملکرد صنعت حفاری با رویکرد پویا، هر مدل می‌تواند بخشی از رفتار سیستم واقعی را بازسازی نماید. پس از انجام آزمون حدود نهایی متغیرهای کلیدی، آنالیز حساسیت، تست ثبات ابعادی دیمانسیون و آزمون مقایسه‌ای جواب شبیه‌سازی شده با اسناد و مدارک موجود، مشخص گردید که متغیرهای تأثیرگذار بر روی نرخ تغییرات فناوری در صنعت حفاری و شاخص‌های اقتصادی مرتبط با فرآیندهای نفتی نیز به‌عنوان متغیر برون‌زا آورده شده است و با توجه به عدم تغییر زیاد این متغیرها، مدل می‌تواند تقریب مناسبی از رفتار واقعی آن‌ها بروز دهد. در واقع، تحلیل رگرسیون یک فرآیند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها جهت بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC می‌باشد.

در نهایت، تغییرات فناوری در صنعت حفاری در این مدل در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ افزایش یافته در حالی که، همانگونه که در نمودار عملکرد صنعت حفاری در مدل پویا قابل مشاهده است، عملکرد صنعت حفاری در این مدل در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ افزایش یافته است، زیرا بسیاری وظیفه اصلی مدیریت فناوری را یکپارچگی میان راهبردهای حالت قابلیت محوری صنعت دانسته و سپس سایر راهبردهای فناورانه صنعت مانند انجام یک فعالیت یا واگذاری آن به پیمانکاران انجام می‌گیرد. در بسیاری از شرکت‌ها تفکیک این راهبردها باعث می‌گردد تا پشتیبانی اثربخش از راهبردها کاسته شود. درحقیقت، بکارگیری نتایج تحقیق حاضر باهدف بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC می تواند به بهبود عملکرد زیر مجموعه‌های عملیات حفاری و بهره‌برداری و درنهایت تولید نفت و

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

گاز منجر شود. با توجه به مطالب مذکور، مهم‌ترین توصیه‌ها و پیشنهادات برای پژوهش‌های بعدی را می‌توان این چنین بیان نمود:

- استفاده از اطلاعات حفاری‌های چند شاخه ای و انحرافی با توجه به فناوری‌های جدید و مقایسه آن با هزینه‌های حفاری و توسعه میدان در ایران. البته یک روش هم می‌تواند استفاده از این تکنیک‌ها در میادین متفاوت با دسترسی سخت‌تر و یا میادین کم ضخامت باشد.

- گنجاندن شاخص‌های اقتصادی براساس سرمایه‌گذاری و تـأمین مـالی در توسـعه میادین با توجه به نوع جدید قراردادهای نفتی IPC.

- استفاده از سایر تکنیک‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه عصبی مصنوعی و مهم‌ترین و مرتبط‌ترین الگوریتم‌های موجود در حوزه هوش مصنوعی، به‌منظور افزایش غنای محتوایی سیستم مذکور و نیز بهبود فرآیند استنتاج فازی آن برای بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC؛

- استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) فازی، به‌منظور رتبه‌بندی شبکه‌ای روابط بین مدل جهت بررسی جنبه‌های اقتصادی تغییرات فناوری در صنعت حفاری با روش MRC. و درنهایت اهمیت به استفاده از فناوری‌های جدید و به روز در صنعت حفاری و سایر صنایع وابسته.

منابع

اسماعیل‌نیا، علی اصغر، بابائی، نیلوفر، دامن کشیده، مرجان و امام‌وردی، قدراله (۱۳۹۸). *اثر بلندمدت انتشار تکنولوژی بر هزینه متوسط بالادستی صنعت نفت. مطالعه موردی ایران (۱۳۹۶–۱۳۴۶)*، فصل نامه مطالعات انرژی، سال پانزدهم، شماره ۶۲، ۲۰۲-۱۸۱

دانشی، عبدالمنان و شمشیری، روح الله (۱۳۹۴). *بررسی فنی و اقتصادی تهیه و نصب لوله‌های GRP در روش‌های حفاری بدون ترانشه (پایپ جکینگ) و حفاری روباز*، دومین کنفرانس بین‌المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی، مشهد، دانشگاه تربت حیدریه، ۹-۱.

داوری شلمزاری، میلاد، حسینی‌نژاد سیدرضا و زربخش، بهزاد (۱۳۹۲). *حفاری افقی و افزایش ضریب برداشت در مخازن غیر اقتصادی نفت و گاز*، اولین کنفرانس و نمایشگاه تخصصی نفت، تهران، ۱۱-۱.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

دقایقی, علی، مختارزاده، نیما و قربانی، جواد (۱۳۹۵). *پیشنهاد مدل مناسب دستیابی به فناوری‌های نوین در صنعت حفاری (مطالعه موردی فناوری یونیت‌های نمودارگیری سطحی موسوم به Mud Logging در شرکت ملی حفاری ایران)*، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و علوم انسانی، باتومی - کشور گرجستان، مؤسسه سرآمد همایش کارین، ۱۳-۱.

کاظمی، کورش و علمشاهی، ربیع الله (۱۳۹۳). *ارزیابی چاه‌های چندشاخه‌ای و* MRC. ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، (۱۱۱)،۲۰-۲۲.

کفائی، سید محمد علی و نژاد آقائیان‌وش، پریا (۱۳۹۶). *شناسایی عوامل مؤثر بر کارائی انرژی بخشی در اقتصادایران*، فصل‌نامه مطالعات انرژی، سال سیزدهم، شماره ۵۲،۳۴-۱

مهدی‌پور، رضا، روحی، عباس، مکوندی، مهران و جعفری، فرزاد (۱۳۹۷). *مطالعه امکان‌سنجی استفاده از فناوری نوین حفاری چاه با قطر کم در عملیات اکتشاف میادین نفت و گاز ایران*، هفتمین کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی با رویکرد توسعه ارتباط دولت، دانشگاه و صنعت، شیراز، مؤسسه مدیران خبره نارون، ۱۰-۱.

نوروزی، محمد، امانی، مسعود و گودرزی، علامرضا (۱۳۹۶). *بررسی موانع انتقال و توسعه فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت رویکردی تحلیلی*، فصل نامه مطالعات انرژی، سال سیزدهم، شماره ۵۲، ۲۱۵-۱۸۱.

Abbaspour, H., Drebenstedt, C., Badroddin, M. & Maghaminik, A. (2018). *Optimized design of drilling and blasting operations in open pit mines under technical and economic uncertainties by system dynamic modelling*. International Journal of Mining Science and Technology, 28(6), 839-848.

Akpedeye, K.U. (2010). *Advancement on Drilling Technology in Petro-leum Industry.* University of Applied Sciences, Bachelor's thesis, 1-62.

Briano, E., Caballini.C., Giribone, P., & Revetria, R. (2010). *Using a System Dynamics Approach for Designing & Simulation of Short Life-Cycle Products Supply Chain*. Recent Advances in Computer Engineering and Applications, 143-149.

Glacier, A. & Ridge, A. (2018). *Boosting economic efficiency of pads drilling projects: A comprehensive study of wells groupings and localization of the global maximum.* Journal of Petroleum Science and Engineering, 165, 212-222.

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

Morcillo, J., Angulo, F. & Franco, C.J. (2018). *Simulation of demand growth scenarios in the Colombian electricity market: An integration of system dynamics & dynamic systems*. Applied Energy, 216, 504-520.

Orji, I.J. & Sun, W. (2015). An *innovative integration of fuzzy-logic & systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry.* Computers & Industrial Engineering*,* 88, 1-12.

Pereira, N., Gonçalves, J. & Haddad, J. (2015). *A review of the political and economic impacts caused by the recent changes in the regulatory framework of the oil and gas sector in Brazil.* Brazilian Journal of Petroleum and Gas, 8(4): 161-170.

Reinsch,T., Paap, B., Hahn, S., Wittig, V. & Van den Berg, S. (2018). *Insights into the radial water jet drilling technology – Application in a quarry.* Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 10(2), 236-248.

Salamy, S. P. (2005). *Maximum Reservoir Contact (MRC) Wells: A New Generation of Wells for Developing Tight Reservoir Facies*. Society of Petroleum Engineers Publication, 1-32.

Salamy, S., Al-Mubarak, S. & Dossary, A. (2003). *SHAYBAH 220, A Maximum Reservoir Contact Well and Its Implication for Developing Tight Facies Reservoirs*. Saudi Aramco, SPE 81487, P.2.

Song, J., Zhang, M.g., Zheng, F. & Chen, F.Z. (2018). *Dynamic Simulation of the Group Behavior under Fire Accidents Based on System Dynamics*. Procedia Engineering, 211, 635-643.

Sterman, J.D. (2002). *Business dynamics: systems thinking & modeling for a complex world*. Massachusetts Institute of Technology Engineering Systems Division, ESD International Symposium, 1-29.

Wang, P., Hongjian, N., Wang. C. & Wang, R. (2018). *Novel mechanical foam breaker based on self-oscillation for promoting the application of foam drilling technology.* Chemical Engineering Science, 188, 121-131.

Wang, Yan Fu, Biao, L., Tao, Q. & Biao, Z. (2018). *Probability prediction & cost benefit analysis based on system dynamics.* Process Safety & Environmental Protection, 114, 271-278.

Jorgenson, D.W.,Griliches,Z.(1976).The Eplanation of Productivity Change1,The Review of Economic *Studies,V.34,Issue 3,249-283.*

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]

Study of Economic Indices of Technological Changes in Drilling Industry using the MRC Method

Maryam Khorram[1],Taghi Torabi[*2], Abbas Toloie Eshlaghy[3]

1. PhD Student of Technology management Dept, Faculty of Economics and Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, mary_khorram@yahoo.com

2. Economics Dept. Faculty of Economics and Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, ttttorabi@gmail.com

3. Industrial Management Dept. Faculty of Economics and Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.toloie@gmail.com

Received: 2020/01/22 Accepted: 2020/10/13

Abstract

This research has been done in order to study economic aspects of technological changes in Horizontal Drilling methods especially MRC method in drilling for oil. In order to identify and evaluate related variables in both technological changes and economic indices, we used Vensim software to treat data collected during the time period of 2013 to 2017, in order to capture system dynamics. Data was collected through use of a questionnaire developed in consultation with drilling and economic experts. The study considered many constant variables. The study confirms positive growth in the technological changes of horizontal drilling especially via MRC method which, increased values of economic indices.

JEL Classification: A1, L71, Q49, D25, O33

Keywords: Economic Aspects, Technology Changes, drilling Industry, System Dynamic, Vensim software, MRC

*. Corresponding Author

[Downloaded from iiesj.ir on 2026-07-05]