



بررسی پویایی‌های عوامل مؤثر بر سقف تولید نفت خام ایران با استفاده از رویکردی سیستمی

محمد محمدی پور* معاونت برنامه‌ریزی وزارت نفت

مصطفی قنبری دانشکده علم و صنعت ایران

سید حسین حسینی* دانشکده تهران

چکیده

چکیده

با وجود تلاش بسیار برای ایجاد تنوع در سبد انرژی کشورها در سطح جهان، نفت هم‌چنان در بین حامل‌های انرژی، سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده و از اصلی‌ترین گرداننده‌های اقتصاد جهان است. در ایران با توجه به وابستگی اقتصاد کشور به درآمدهای حاصل از صادرات نفت، بررسی و برآورد میزان تغییرات در نرخ تولید نفت خام با در نظر داشتن عوامل فنی، اقتصادی و سیاست بین‌الملل و ... از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در همین راستا، این مقاله به بررسی پویایی‌های عواملی پرداخته که در وقوع سقف تولید نفت خام کشور مؤثرند. این مقاله با استفاده از رویکردی سیستمی، ابتدا به شناسایی متغیرهای فنی، اقتصادی، زمین‌شناختی و سیاسی تأثیرگذار پرداخته و سپس روابط علت و معلولی بین آنها را مورد بررسی قرار داده است. در نهایت یک مدل مفهومی که بخش‌های اکتشاف، تولید و عرضه، فن‌آوری، تقاضا و قیمت، و درآمد و سرمایه‌گذاری را در نظر گرفته توسعه داده شده است. این مدل می‌تواند درکی سیستمی، جامع و مناسب را از تعاملات و روابط کلانی که منجر به وقوع سقف تولید نفت خام می‌شوند ایجاد کرده و از این دیدگاه می‌تواند برای فعالان حوزه نفت کشور به ویژه مدیران و سیاست‌گذاران مفید واقع گردد.

واژگان کلیدی: سقف تولید نفت خام، رویکرد سیستمی، اکتشاف و تولید، کاهش منابع، حلقه‌های علت و معلولی

مقدمه

نفت در اقتصاد ایران نقشی اساسی ایفا می‌کند. بخش عمده درآمدهای ارزی کشور از منابع نفت و گاز است. طبق آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، در سال ۱۳۸۹ نزدیک به ۲۵ درصد از تولید ناخالص ملی و در حدود ۸۵ درصد از درآمدهای ارزی کشور ناشی از تولید این منابع بوده است. هم‌چنین در سال ۸۹ نیز به طور میانگین ۶۵ درصد از درآمدهای دولت حاصل از نفت و گاز بوده که نشان از وابستگی شدید اقتصاد کشور به این صنعت است. درآمدهای نفتی ایران در سال ۱۳۸۶ بالغ بر ۷۰ میلیارد دلار بوده که نزدیک به ۸۰ درصد از حجم مبادلات خارجی کشور را شامل می‌شود. هم‌چنین طبق این آمار در سال ۱۳۸۶ سهم نفت و میعانات گازی در بخش انرژی، نزدیک به ۹۸ درصد بوده است. در پایان سال ۱۳۹۰ مجموع کل ذخایر هیدروکربوری قابل برداشت ۳۴۲ میلیارد بشکه معادل نفت خام بوده که ۴۶ درصد آن را ذخایر هیدروکربور مایع و ۵۴ درصد را ذخایر گازی تشکیل می‌دهند [۱]. با توجه به این آمار، کاهش درآمدهای نفتی کشور سبب کاهش میزان مبادلات، تولید و سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف صنعت خواهد شد که این موضوع افزایش نرخ بیکاری، تورم و کاهش سطح رفاه اجتماعی جامعه را به دنبال خواهد

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات

رویکردی سیستمی است که بتواند با دید گاهی جامع و یکپارچه بر این پیچیدگی‌ها فائق آید. جهت بررسی و تحلیل چنین سیستم‌هایی نیازمند رویکردی قدرتمند همراه با تعاملات مؤثر درون سیستمی و محیطی هستیم. مدل‌ها همواره ابعاد ساده شده واقعی هستند. مهم‌ترین هدف مدل‌سازی سیستمی به دست آوردن درک و دیدگاهی در مورد روابط سیستم با هدف بررسی سیاست‌های ممکن جهت بهبود آن سیستم است. تعامل بخش‌های مختلف یک سیستم مستلزم درک سیستمی افراد است که این درک تنها از طریق مطالعه و شناخت همه اجزاء و ارتباط بین آنها در قالب یک سیستم حاصل خواهد شد. رویکرد سیستمی برای اولین بار در اواخر دهه ۵۰ میلادی به وسیله گروهی از محققان به رهبری فارستر و در دانشگاه MIT توسعه داده شد. هم‌اکنون این رویکرد وارد بسیاری از عرصه‌های علمی شده است.

رویکرد سیستمی، روشی برای تجزیه و تحلیل سیستم‌ها و حل مسائل پیچیده به شمار می‌رود. بر این اساس امروزه بسیاری افراد از توانایی این رویکرد برای ایجاد نظم در سیستم‌های پیچیده و کمک به دیگران جهت فهم و یادگیری چنین سیستم‌هایی استفاده می‌کنند. رویکرد سیستمی فرض می‌کند اجزای یک الگوی پیچیده با یکدیگر مرتبط هستند و جریان اطلاعات از جریان فیزیکی مهم‌تر است. این رویکرد هم‌چنین می‌تواند به درک و فهم محیط‌های پیچیده کمک کند [۵].

در تحقیق حاضر سعی شده با استفاده از رویکرد سیستمی، مدلی توسعه داده شود که به وسیله آن بتوان تحلیلی دقیق‌تر از پویایی‌هایی که منجر به وقوع سقف تولید نفت خام ایران می‌شود ارائه داد. هم‌چنین تقاضای انرژی به

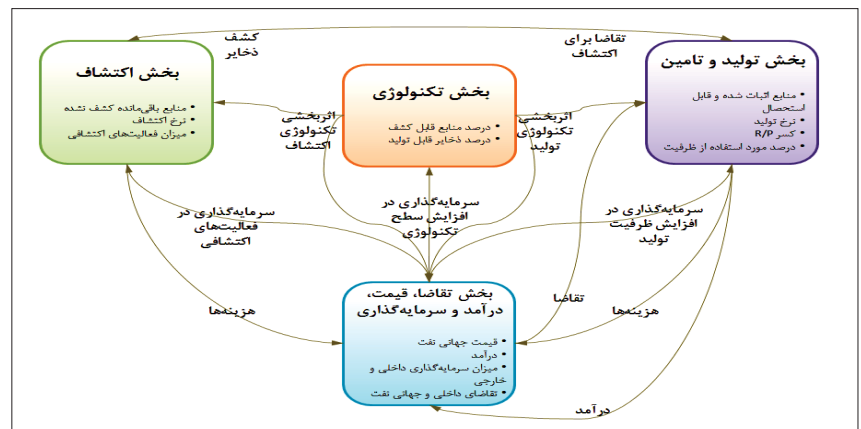
نفت خام رخ می‌دهد و پس از آن نرخ تولید کاهشی دائم خواهد داشت. از اقداماتی که در زمینه بررسی سقف تولید نفت ایران انجام شده می‌توان به مقاله کیانی و همکاران [۳] اشاره نمود. آنها در مقاله خود به صورت خیلی ساده با استفاده از یک رویکرد سیستم دینامیک به بررسی پیک (سقف) هابرت تولید نفت در ایران پرداختند.

نفت به عنوان یکی از مهم‌ترین حامل‌های انرژی به دلیل تأثیری که بر عوامل سیاسی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی دارد، از پیچیده‌ترین سیستم‌های دنیا به‌شمار می‌رود. فرآیندهای عمده مؤثر در بخش نفت شامل اکتشاف، استخراج، تعادل عرضه و تقاضا و قیمت‌گذاری، سرمایه‌گذاری و توسعه فن‌آوری است که با پویایی‌هایی در طول زمان همراه بوده‌است. برخی پویایی‌های مربوط به تولید نفت عبارتند از: پویایی‌های قیمت، محدودیت‌های اقتصادی در زمینه اکتشاف و تولید، رشد تقاضا، وجود کالاهای جانشین، روند سرمایه‌گذاری و ...

بررسی و تحلیل این بخش که عوامل بسیاری (با روابطی که تأثیر آنها بعضاً غیرخطی است) بر آن تأثیرگذارند، مستلزم به کارگیری

داشت. در کشورهای مثل ایران که از منابع عظیم نفتی برخوردارند، ضعف یا قوت این صنعت در عرصه صدور به خارج از کشور یا عرضه جهت مصرف داخلی، به‌طور مستقیم سبب رونق یا رکود قابل توجه اقتصاد آن کشور خواهد شد.

با توجه به درآمد سرشار ایران از صنعت نفت و وابستگی بودجه دولت به این درآمد، تولید روزانه نفت و قیمت آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار بوده و توجه بیشتر مدیران این صنعت را می‌طلبد. از طرفی با توجه به محدودیت منابع نفتی، استفاده بی‌رویه از این منابع نتیجه‌ای جز تقلیل و اتمام آنها در پی نخواهد داشت. با توجه به مطالب ارائه شده، بررسی پویایی‌های مؤثر بر سقف تولید این منبع حیاتی اقتصاد کشور، لازم و ضروری می‌نماید. از نمونه‌های برجسته بررسی سقف تولید نفت می‌توان به تحقیقات زمین‌شناس آمریکایی ام. کینگ هابرت اشاره کرد. او نشان داد که نرخ تولید نفت رفتاری زنگوله‌وار دارد که به پیک (سقف) هابرت شهرت یافته است [۲]. از نظر هابرت سقف تولید نفت جهانی زمانی است که بیشینه نرخ استخراج





چاه‌ها، نرخ رشد تقاضا، میزان سرمایه‌گذاری، عامل فن‌آوری و ... را تغییر داده و نتایج مدل را بررسی کرد. لذا با بررسی سناریوهای مختلف می‌توان به سیاستی بهینه دست یافت [۶].

از دیگر اقدامات انجام شده در این حوزه می‌توان به مدل سیستم دینامیک نفت آمریکا اشاره نمود [۸ و ۷]. این مدل از کامل‌ترین مدل‌هایی است که به طور مستقیم فرآیندهای اکتشاف و تولید را فرموله کرده و در بخش اقتصادی خود تقاضا و اثر کالاهای جایگزین را به صورت درونی لحاظ کرده است. علاوه بر آن بخش فن‌آوری هم به خوبی وارد این مدل‌سازی شده است. حوزه مورد بررسی مدل در این مقالات نفت است. در مقاله نخست از مدل به منظور برآورد منابع نفتی ایالات متحده استفاده شده و مقاله دوم از طریق مدل‌سازی درونی عوامل فن‌آوری، اکتشاف، استخراج و تقاضا، به بیان نسخه بهبود یافته این مدل می‌پردازد. از این مدل برای سیاست‌گذاری‌هایی از قبیل کنترل قیمت، مالیات، هزینه‌های واردات و ... استفاده شده و لذا مدل مذکور در مدیریت منابع نفتی بسیار کارآمد می‌باشد.

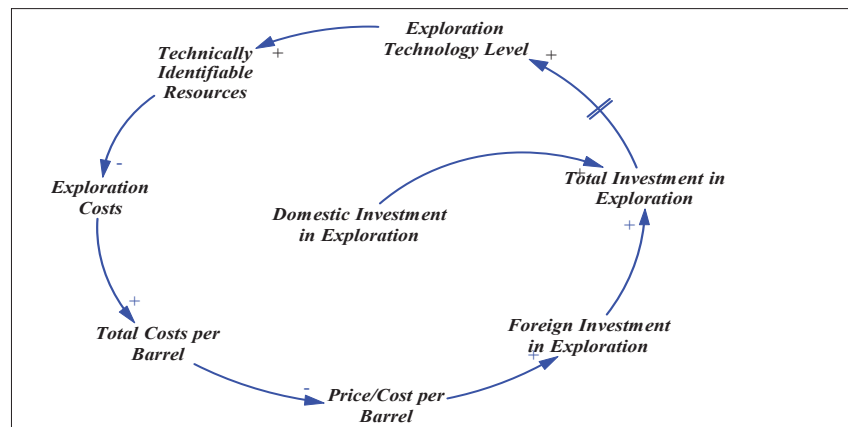
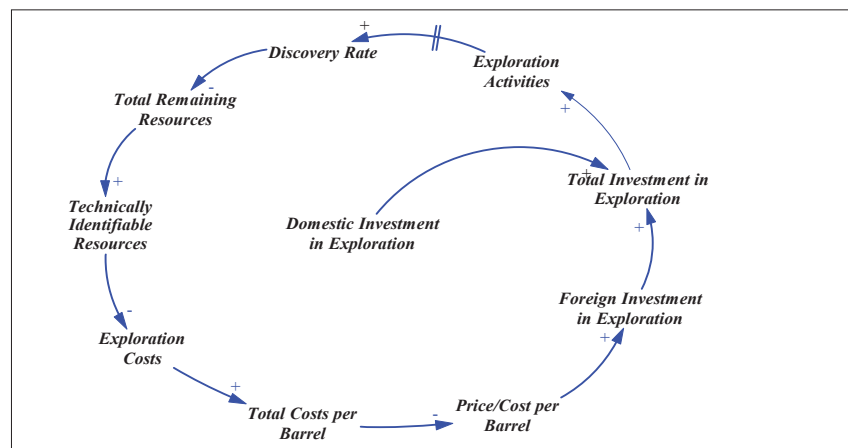
در سال ۱۹۸۵ استرمن و ریچاردسون از این مدل جهت تحلیل و ارزیابی دو رویکرد اصلی مدل‌سازی به نام‌های تئوری چرخه عمر منابع طبیعی هابرت و نیز روش قیاس زمین‌شناسی USGS استفاده کردند [۹]. در این تحقیق پس از مقایسه نتایج این دو رویکرد، از رویکردی ترکیبی استفاده شده که این موضوع از نقاط قوت مدل به شمار می‌رود. در مقاله نخست نشان داده شده که مدل هابرت در ۲۰ سال قبل برآوردهای دقیقی از سقف تولید نفت جهان نشان می‌دهد (کمی کمتر از میزان واقعی). در حالی که روش قیاس زمین‌شناسی USGS پیش‌بینی‌هایی بیشتر از میزان واقعی در طول

بخش نفت بررسی شده و نمودارهای علت و معلولی و هم‌چنین نتیجه‌گیری و پیشنهادهای تحقیق ارائه خواهند شد.

۱- مرور ادبیات

یکی از تلاش‌های اولیه و در عین حال الهام‌بخش مدل‌سازی سیستمی در حوزه انرژی، توسط راجراف نیل در مدل گاز طبیعی آمریکا انجام شده است. بخش‌های اصلی این مدل عبارتند از: اکتشاف، تولید، تقاضا و سرمایه‌گذاری در کاوش. این مدل امکان سناریوپردازی و سیاست‌گذاری را به خوبی فراهم آورده به طوری که می‌توان به راحتی مقادیر کل منابع کشف نشده، مالیات بر قیمت

شدت به عوامل اقتصادی (مانند قیمت نفت خام، انرژی بر بودن فعالیت‌های اقتصادی، قیمت کالاهای جانشین و ...) وابسته است. لذا یکی از کاربردهای این نوشتار بررسی سناریوهای مختلف در خصوص این موضوعات است. علاوه بر این، ایجاد تغییرات در سیستم‌های انرژی معمولاً زمان‌بر بوده و هزینه‌های زیادی می‌طلبد. پس بررسی سقف تولید در این زمان و سیاست‌هایی که بتواند آنرا به تأخیر انداخته و اثرات آن را تسکین بخشد، یکی از مهم‌ترین کاربردهای این مقاله بوده و دانش حاصل از مدل در زمینه‌های یادشده می‌تواند در مدیریت انرژی در کشور مفید واقع شود. در ادامه پس از بیان مرور ادبیات این مبحث، زیرسیستم‌های



توسعه داده است [۱۲]. زد. تائو و ام. لی نیز مدل سیستم دینامیک پیک (سقف) هابرت نفت چین را توسعه دادند که این مدل با استفاده از فرمول هابرت ایجاد شده و در مقایسه با پیش بینی های انجام شده قبلی از سقف تولید نفت چین، عمل کرد خوبی را نشان داده ولی به لحاظ سیستمی، مطالعه ای کامل به حساب نمی آید [۱۳]. در واقع این مدل استفاده ای است از فرمول هابرت و قابلیت های نرم افزار شبیه سازی STELLA.

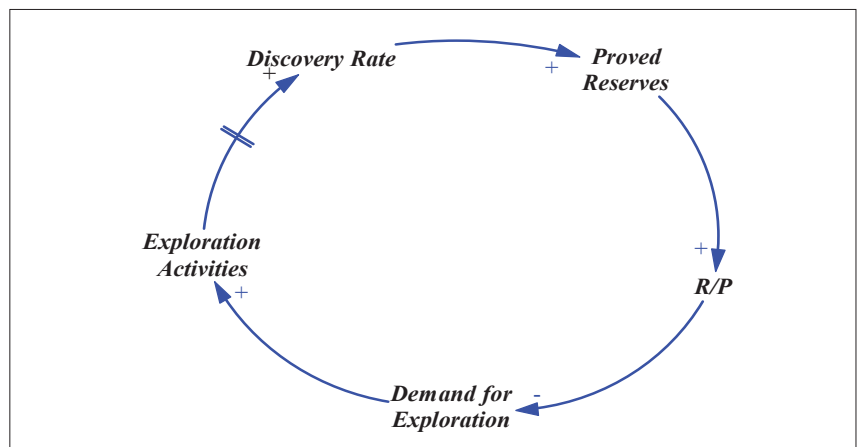
پویایی های صنعت گاز طبیعی انگلستان نیز توسط کی. سی. جی، دلیو. جی. ناتال و دی. ام. رینر انجام شده تا به وسیله آن عوامل مؤثر بر عرضه و تأمین بلندمدت گاز طبیعی انگلستان و طبیعت رفتار این سیستم انرژی مورد بررسی قرار گیرد [۱۴]. هم چنین تأثیر سیاست های مختلف در طول گذار انگلستان از کشوری مستقل در تأمین گاز طبیعی به کشوری وابسته به واردات این حامل انرژی، تجزیه و تحلیل شده است. در منبع [۳]، این مدل ها دقیق تر مرور شده اند.

تحقیقات انجام شده جهت ایجاد مدل سیستمی که به بررسی پویایی های تولید نفت خام ایران پردازد بسیار کم است. از معدودترین اقدامات انجام شده در این زمینه می توان به مقاله کیانی و پورفخرایی اشاره نمود که با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک و در نظر گرفتن بازخوردهای عرضه و تقاضا و درآمدهای نفتی سیستم موجود در ایران، مدلی ارائه کردند [۴]. این مدل تعاملات بین بخش نفت و گاز (صادرات نفت، تزریق گاز به میدان نفتی، تقاضای نفت و گاز و ...) و تأثیر عملکرد هر یک بر دیگری را پوشش داده است. هر چند با توجه به اهداف این تحقیق، عوامل مؤثر بر سقف تولید نفت خام ایران بررسی شده است.

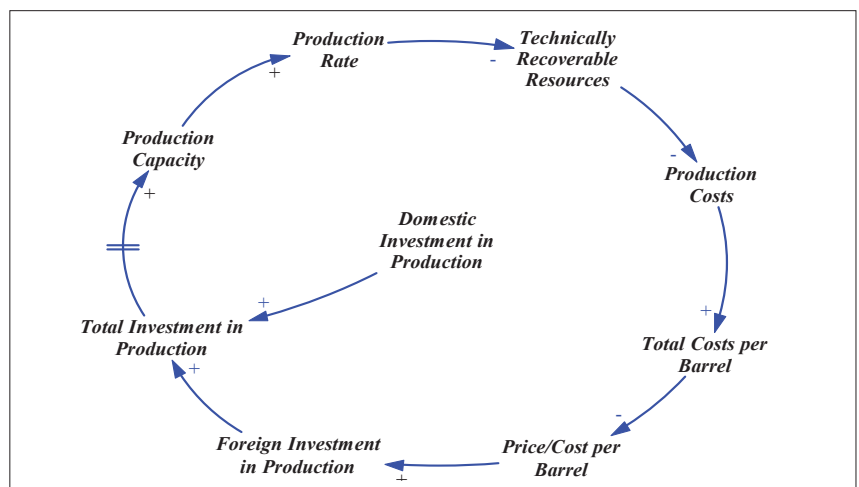
هدف نوشتار حاضر ارائه تحقیقی به منظور

ان. چو کری طی یک مطالعه موردی در مصر، تولید نفت در کشورهای در حال توسعه را تحلیل کرده که در آن سه هدف اثرات قیمت گذاری داخلی انرژی، اثرات قیمت جهانی نفت و عواقب عدم قطعیت های زمین شناختی بررسی شده است [۱۱]. از نکات قابل توجه در این مدل لحاظ تولید کنندگان غیردولتی و دولتی است. از دیگر تحقیقات انجام شده می توان به مدل سیستم دینامیک صنعت اکتشاف/ بهره برداری نفت و گاز هند اشاره کرد که این تحقیق، یک مدل سیستم دینامیک را به منظور مطالعه رفتار بلندمدت صنعت اکتشاف/ بهره برداری هند

چرخه عمر منابع را نشان می دهد. یکی از کاربردهای مدل های سیستم دینامیک در حوزه انرژی، ایجاد دیدگاهی مناسب در بخش سیاست گذاری و تعیین روند سرمایه گذاری ها در هر حوزه است که در مدل سیستم دینامیکی انرژی نیوزلند به خوبی نشان داده شده است [۱۰]. این مدل روابط و تأثیر بین مصرف حامل های انرژی مختلف را به خوبی مدل سازی کرده است. بخش های اصلی عبارتند از: منابع انرژی، صنایع پالایش انرژی، بخش تولید کننده/ مصرف کننده جامعه و عوامل اقتصادی.



شکل ۴ | حلقه تعادلی دوم؛ کسر R/P و تقاضا برای اکتشاف



شکل ۵ | حلقه تعادلی سوم؛ کاهش ذخایر و نرخ تولید



شده‌اند یا سرمایه‌گذاری‌هایی که سبب افزایش ضریب برداشت و در نهایت افزایش ذخایر قابل برداشت شده‌اند و هم‌چنین با در نظر داشتن تقاضای روبه‌رشد داخلی و جهانی، نرخ تولید افزایش می‌یابد که این امر منجر به تقلیل و اتمام ذخایر اثبات شده می‌گردد.

شکل-۱ نمودار زیرسیستم‌های سیستم مورد تحقیق را نشان می‌دهد. زیرسیستم اکتشاف با انجام فعالیت‌های اکتشافی که برگرفته از تقاضای برای اکتشاف، اثربخشی فن آوری اکتشاف و میزان سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های اکتشافی است، به انجام فعالیت‌های اکتشافی پرداخته و ذخایر کشف شده را تحویل زیرسیستم تولید داده و از طرفی اطلاعات هزینه را به زیرسیستم تقاضا، قیمت، درآمد و سرمایه‌گذاری می‌رساند.

زیرسیستم تولید و تأمین نیز با تولید نفت و صادرات آن (با در نظر داشتن تقاضای داخلی و خارجی)، درآمد حاصله و اطلاعات هزینه را به زیرسیستم تقاضا، قیمت، درآمد و سرمایه‌گذاری تحویل می‌دهد و این زیرسیستم نیز با انجام سرمایه‌گذاری در سه زیرسیستم اکتشاف، تولید و تأمین و فن آوری، نقشی اساسی را در رونق و شکوفایی این زیرسیستم‌ها ایفا می‌کند.

۲-۲- حلقه‌های علت و معلولی

پس از بررسی زیرسیستم‌های تولید نفت خام، نوبت به تحلیل نحوه اثر متغیرهای اصلی سیستم از طریق ترسیم حلقه‌های علت و معلولی آنهاست. پس از بررسی تأثیر متغیرها بر یکدیگر پنج حلقه اصلی شناسایی شد که عبارتند از:

- حلقه کاهش منابع و نرخ اکتشاف
- حلقه فن آوری اکتشاف
- حلقه کسر R/P و تقاضا برای اکتشاف

تابع فن آوری‌های مورد استفاده و نیز حجم فعالیت‌های اکتشافی است. با توجه به پیشرفت فن آوری بر اساس حجم سرمایه‌گذاری‌هایی که در نهایت به کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود، در صورت سرمایه‌گذاری مناسب در بخش اکتشاف، این منابع در مدت زمان کمتری کشف می‌شوند.

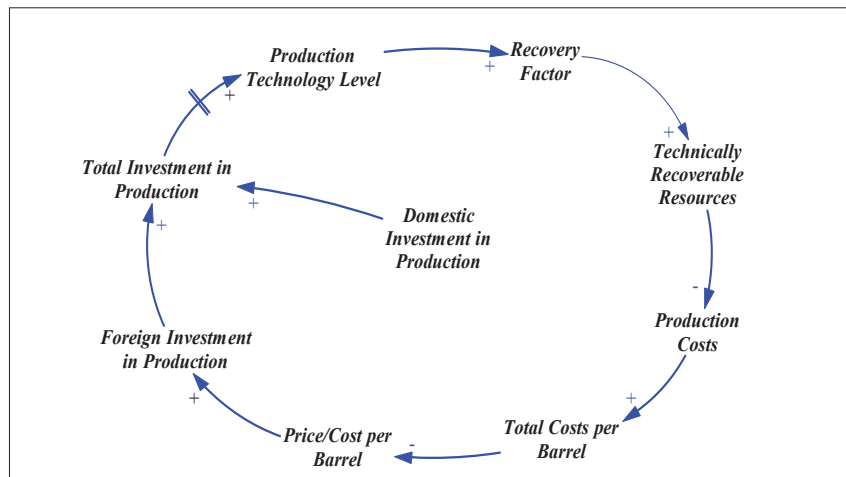
این مسائل در فرآیند تولید نیز وجود دارد؛ بدین معنا که با توجه به میزان سرمایه‌گذاری‌هایی که از طریق توسعه میدان نفتی کشف شده و توسعه نیافته، منجر به افزایش ظرفیت تولید

پیش‌بینی دقیق زمان وقوع سقف نفت خام ایران و حجم تولید در آن زمان نیست؛ بلکه هدف این مقاله، بررسی سناریوهای محتمل پویایی‌هایی است که منجر به وقوع این پدیده در کشور می‌شوند.

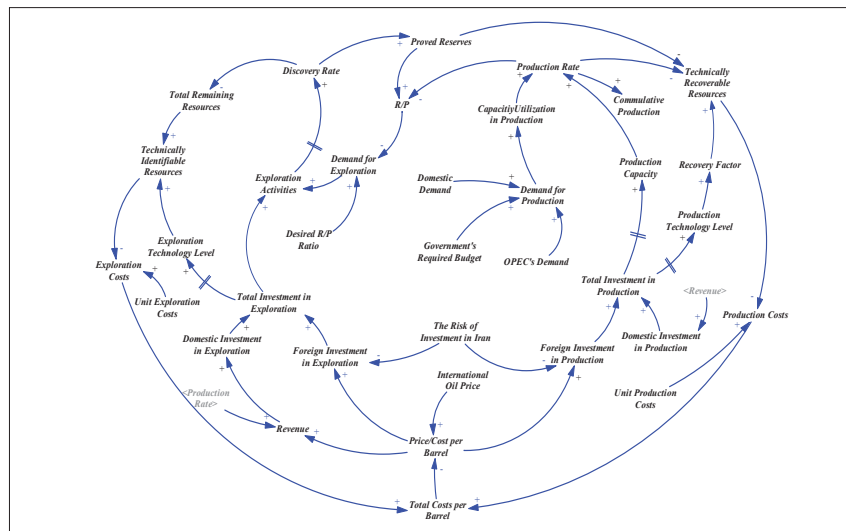
۲- پویایی‌های سقف تولید نفت خام ایران

۲-۱- زیر سیستم‌ها

با انجام فعالیت‌های اکتشافی به مرور کلیه منابع نفتی کشف نشده شناسایی می‌شوند. مدت زمان کشف این منابع باقیمانده به شدت



شکل ۶ | حلقه افزایشی دوم: فن آوری تولید



شکل ۷ | حلقه‌های علت و معلولی زیرسیستم اکتشاف و تولید نفت ایران

■ حلقه کاهش ذخایر و نرخ تولید

■ حلقه فن آوری تولید

این حلقه‌ها در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهند شد. هم‌زمان با تقلیل منابع کشف نشده (باقیمانده)، با توجه به فن آوری‌های موجود در بخش اکتشاف، منابع قابل کشف به لحاظ فن آوری هم کاهش می‌یابند. این کاهش موجب افزایش هزینه‌های اکتشاف می‌شود؛ چراکه به مرور مناطقی که مورد کاوش قرار می‌گیرند کاهش و عمق حفاری‌ها و پیچیدگی آنها افزایش می‌یابد که این امر موجب افزایش هزینه‌ها خواهد شد. از سوی دیگر از آنجایی که تقلیل منابع سبب افزایش قیمت نفت و به تبع آن افزایش اجاره دکل‌های حفاری و هزینه‌های اکتشاف می‌شود، در صورت ثابت ماندن همه شرایط، با افزایش هزینه‌ها، از یک طرف درآمد داخلی نفت و از سوی دیگر بازگشت سرمایه‌گذاری در بخش خارجی کاهش می‌یابد که این امر، کاهش سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در بخش اکتشاف و به تبع آن کاهش نرخ اکتشاف را در پی خواهد داشت. در نهایت حلقه بسته می‌شود و با کاهش نرخ اکتشاف، منابع کمتری نسبت به حالت عادی کشف می‌شوند. اولین حلقه شکل گرفته یک حلقه تعادلی بوده و حلقه کاهش منابع و نرخ اکتشاف نام دارد که در شکل ۲- نمایش داده شده است.

حلقه دوم که فن آوری اکتشاف نام دارد و در شکل ۳- نشان داده شده، یک حلقه افزایشی است. با تقلیل منابع و افزایش هزینه‌ها و به موجب آن کاهش سرمایه‌گذاری‌ها در بخش اکتشاف، میزان سرمایه‌گذاری در توسعه فن آوری‌های اکتشاف نیز به عنوان درصدی از سرمایه‌گذاری کل، کاهش می‌یابد که این امر مانع افزایش بیشتر سطح فن آوری اکتشاف و

ثابت ماندن منابع کشف نشده‌ای می‌شود که با فن آوری موجود، قابل کشف هستند.

حلقه سوم که کسر R/P و تقاضا برای اکتشاف نام دارد حلقه‌ای تعادلی است که در شکل ۴- نشان داده شده است. کسر R/P به تعداد سال‌هایی که در صورت ثابت بودن ذخایر و نرخ تولید نفت، تولید ادامه خواهد یافت اشاره دارد. به عنوان نمونه چنان‌چه این عدد برابر ۹۸ باشد به این معناست که در صورت کشف نشدن ذخایر جدید نفتی و ثابت ماندن نرخ تولید، ۹۸ سال دیگر تولید نفت خام ادامه خواهد داشت. همان‌طور که در شکل ۴- نشان داده شده در صورت ثابت بودن همه شرایط، با کاهش نرخ اکتشاف، ذخایر اثبات شده افزایش نمی‌یابند و لذا کسر R/P کاهش خواهد یافت. این کاهش، تقاضا برای انجام فعالیت‌های اکتشافی به منظور جایگزین کردن ذخایر نفتی تولید شده را افزایش می‌دهد. با افزایش فعالیت‌های اکتشافی و با در نظر داشتن میزان سرمایه‌گذاری، نرخ اکتشاف افزایش می‌یابد.

حلقه چهارم که کاهش ذخایر و نرخ تولید نام دارد یک حلقه تعادلی است که در شکل ۵- نشان داده شده است. با کاهش ذخایر قابل برداشت، به دلیل افزایش استفاده از روش‌های بهبود تولید^۵ و ازدیاد برداشت^۶ (مانند افزایش تعداد چاه‌های حفر شده، حفاری‌های افقی و مایل، بهبود تجهیزات سطح‌الارضی برای استخراج بیشتر نفت از مخازن، تزریق آب، تزریق گاز و...)، هزینه‌های تولید افزایش و سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در توسعه میادین نفتی کشف شده توسعه داده نشده و افزایش ظرفیت در آنها، کاهش می‌یابد. وقوع این کاهش و ثابت ماندن سایر شرایط مانع افزایش ظرفیت و نرخ تولید خواهد شد. لذا حلقه بسته شده و ذخایر بیشتری تولید نمی‌شود.

فن آوری تولید که آخرین حلقه است در شکل ۶- نمایش داده شده و یک حلقه افزایشی است. با تقلیل ذخایر قابل برداشت، افزایش هزینه‌ها و به تبع آن کاهش سرمایه‌گذاری‌ها، در بخش تولید نیز سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه فن آوری‌های مورد استفاده کاهش یافته و مانع از افزایش این فن آوری‌ها در بخش تولید و در نتیجه ثابت ماندن ضریب برداشت خواهد شد. در شکل ۷- برای درک بهتر مسئله، نمایی کلی از تمامی حلقه‌های علت و معلولی و رابطه بین آنها نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

وابستگی شدید دولت و اقتصاد کشور ما به درآمدهای حاصل از صادرات نفت سبب اهمیت بسیار زیاد این محصول در توسعه اقتصادی و در مقایسه با سایر حامل‌های انرژی شده است. لذا در این تحقیق به بررسی سیستمی عوامل مؤثر بر سقف تولید نفت خام ایران پرداخته شد.

از عوامل مؤثر در تغییر حجم تولید نفت در زمان وقوع سقف تولید، می‌توان به وفور منابع و از جمله ذخایر نفتی، قیمت نفت، شدت افت تولید و میزان سرمایه‌گذاری اشاره نمود. هم‌چنین عواملی مثل قیمت نفت، شدت افت تولید و میزان سرمایه‌گذاری در جایجا شدن زمان سقف تولید نیز مؤثر خواهند بود.

با توجه به نتایج ذکر شده در قسمت‌های پیشین، میزان سرمایه‌گذاری در صنعت نفت بسیار مهم ارزیابی می‌شود؛ به طوری که افزایش سرمایه‌گذاری (با توجه به تأثیر آن بر رشد فن آوری‌های اکتشاف و تولید)، از طریق افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، به توسعه هرچه بیشتر صنعت کمک خواهد کرد. از سوی دیگر میزان سرمایه‌گذاری تأثیر



مستقیمی بر توسعه به هنگام ظرفیت تولید و نیز انجام فعالیت‌های اکتشافی دارد. لذا نقش سرمایه‌گذاری خارجی در توسعه و رونق صنعت، امری ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به نقش سرمایه‌گذاری در صنعت نفت، بررسی ساختار سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در این صنعت و یافتن راه کارهای بهینه جهت جذب سرمایه در حوزه‌های مختلف، پیشنهاد مناسبی به نظر می‌رسد. بررسی عواملی مانند ریسک سرمایه‌گذاری در ایران، تحریم‌های صنعت نفت ساختار سرمایه‌گذاری و... و هم‌چنین تأثیر آنها در طول زمان، اطلاعات مفیدی را جهت تصمیم‌گیری در مورد جذب سرمایه‌گذاری خارجی در اختیار دولت قرار خواهد داد. در این زمینه توسعه وسیع فن‌آوری در صنعت عظیم نفت و گاز، یکی از چالش‌های اساسی است. در این میان، بررسی عمیق تأثیر فن‌آوری‌ها بر خروجی سیستم و بازخورد خروجی‌ها بر توسعه هر چه بیشتر این فن‌آوری‌ها و هم‌چنین بررسی پویایی‌های جایگزینی حامل‌های مختلف، به ویژه انرژی‌های تجدیدپذیر در برآورده کردن تقاضای نفت نیز از دیگر موضوعات جذاب و قابل‌بررسی در آینده است.

پانویس‌ها

¹pick²s.h.hosseini@ut.ac.ir³m.ghanbari1388@gmail.com⁴m.mohamadipour@gmail.com⁵Improved Oil Recovery (IOR)⁶Enhanced Oil Recovery (EOR)

منابع

- [1] سایت رسمی وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران
- [2] Hubbert, M.K., 1956. Nuclear energy and the fossil fuels. Drilling and Production Practice, 1st Ed. The American Petroleum Institute, New York, pp: 7 – 25
- [3] Behdad Kiani, Seyed Hossein Hosseini, Roozbeh Hesam Amiri, (2009), Examining the Hubbert Peak of Iran's Crude Oil: a System Dynamics Approach, European Journal of Scientific Research, Vol.25 No.3 , pp.437-447
- [4] Behdad Kiani and MohammadAliPourfakhraei, 2010, "A system dynamic model for production and consumption policy in Iran oil and gas sector", Energy Policy, 38, 7764–7774
- [5] J.M. Spector, D.L. Christensen, A.V. Sioutine, and D. McCormack, (2001). "Models and simulations for learning in complex domains: Using causal loop diagrams for assessment and evaluation", Computers in Human Behavior, vol. 17, pp. 517–545.
- [6] Naill, R. F. (1973). "The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: a Case Study of U.S. Natural Gas", in: D.L. Meadows (Ed.), Toward Global Equilibrium: Collected Papers, MIT Press, Cambridge, MA.
- [7] Serman, J. D., Richardson, G. P. and Davidsen, P. I. (1988). "Modeling the Estimation of Petroleum Resources in the United States", Technological Forecasting & Social Change, Vol. 33, pp: 219-249
- [8] Davidsen, P. I., Serman, J. D. and Richardson, G. P. (1990). "A Petroleum life cycle model for the U.S. with endogeneous technology, exploration, recovery, and demand", System Dynamics Review, Vol. 6, No. 1, pp: 66-93
- [9] Serman, J. D. and Richardson, G. P. (1985). "An Experiment to Evaluate Methods for Estimating Fossil Fuel Resources", Journal of forecasting, Vol. 4, pp: 197-226.
- [10] Bodger, P. S. and May, D. G. (1992). "A System Dynamics Energy Model of New Zealand", Technological Forecasting & Social Change, Vol. 41, pp: 97- 106.
- [11] Choucri, N., Heye, C. and Lynch, M. (1990). "Analyzing oil production in developing countries: a case study of Egypt", The Energy Journal, Vol 11, No 3, pp: 91-115.
- [12] Chowdhury, S. and Sahu, K. C. (1992). "A System Dynamics Model for the Indian Oil and Gas Exploration/Exploitation Industry", Technological Forecasting & Social Change, Vol. 42, pp: 63-83
- [13] Tao, Z. and Li, M. (2007). "System dynamics model of Hubbert Peak for China's oil", Energy Policy, Vol. 35, pp: 2281–2286
- [14] Chi, K. C., Nuttall, W. J. and Reiner, D. M. (2008). "Dynamics of the UK natural gas industry: System dynamics modeling and long-term energy policy analysis", Technological Forecasting & Social Change, doi:10.1016/j.techfore.2008.06.002 (article in press).