

محاسبه انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی صنعت نفت و اثر آن بر هزینه تولید نفت و گاز در ایران

نیلوفر بابایی

دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، علوم اقتصادی واحد تهران مرکزی،
Babaieniloofar11@gmail.com

علی اصغر اسماعیل نیا

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده اقتصاد و حسابداری تهران مرکزی،
Aeketabi@gmail.com

مرجان دامن کشیده

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده اقتصاد و حسابداری تهران مرکزی،
Mar.daman_keshideh@iauctb.ac.ir

قدرت اله امام وردی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده اقتصاد و حسابداری تهران مرکزی،
Ghemamverdi@iauctb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۰

چکیده

در این مطالعه اثر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و تخلیه مخزن در بخش بالادستی صنعت نفت ایران بر هزینه متوسط تولید، برای دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۴۶، مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا روند انتشار تکنولوژی در دنیا، در دوره ۲۰۱۷-۱۹۵۳ با استفاده از پنج متغیر که بیشترین تأثیر را در فعالیت‌های بخش بالادستی نفت در دنیا داشته‌اند، محاسبه شده است. سپس با استفاده از روند به‌دست‌آمده و به کمک مدل‌های اقتصادسنجی، اثر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و تخلیه مخزن، بر متوسط هزینه تولید نفت و گاز در ایران، بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند که متغیر تکنولوژی، در کنار سایر متغیرهای توضیح‌دهنده رفتار هزینه، یک متغیر مهم و تأثیرگذار در کاهش هزینه متوسط تولید در بخش بالادستی از دهه ۱۳۴۰ تا اواسط دهه ۱۳۶۰ بوده است. یکی از دلایل مشخص این نتیجه، همسو بودن روند انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی ایران با روند آن در دنیا تا سال ۱۳۶۸ می‌باشد. علاوه بر این نتایج تخمین نشان دادند که از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۶، میان تغییرات هزینه و سطح تکنولوژی دنیا در بخش نفت، به دلایل متعدد از جمله دلایل سیاسی، جنگ، تحریم‌های اقتصادی علیه ایران و مشکلات مربوط به انعقاد قراردادهای نفتی و عدم توجه کافی به موضوع انتقال تکنولوژی، هیچ ارتباط معناداری وجود ندارد. در این دوره، ورود تکنولوژی‌های روز دنیا به ایران در بخش بالادستی محدود و ناکامل بوده و در نتیجه فرآیند اکتشاف، توسعه و تولید به کندی صورت پذیرفته و باوجود افزایش سرمایه‌گذاری واقعی، هزینه متوسط تولید روندی افزایشی و با شتاب داشته است. در پایان نیز از یک رویکرد شبیه‌سازی ساده استفاده شده که در آن رفتار هزینه‌ای تولید در دو سناریو مقایسه شده است. سناریوی اول، شرایط موجود یعنی عدم ورود تکنولوژی به ایران از اواخر دهه ۱۳۶۰ و سناریوی دوم، استفاده از تکنولوژی روز دنیا می‌باشد. نتایج این شبیه‌سازی نشان می‌دهند که در صورت استفاده از تکنولوژی روز دنیا، هزینه متوسط تولید در ایران می‌توانست به مقدار قابل توجهی کمتر باشد و بهره‌وری در این بخش در سطح بالاتری قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: O33، D24، Q49، L71

کلیدواژه‌ها: انتشار تکنولوژی، اثر تخلیه مخزن، بالادستی نفت و گاز، هزینه تولید نفت و گاز

۱- مقدمه

صنعت نفت، صنعتی تکنولوژی محور است و توسعه آن نیازمند استفاده از تکنولوژی‌های روز دنیا می‌باشد. هرچه سطح تکنولوژی کاربردی در دستگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده بالاتر باشد، فرآیند اکتشاف، توسعه و استخراج از میادین نفتی و گازی بهبود یافته و مدیریت مخازن بهینه می‌گردد. بنابراین به‌منظور عملکرد بهتر در سرمایه‌گذاری و انجام پروژه‌های نفتی، لازم است از تجهیزات جدید و تکنولوژی‌های نو در فرآیند تولید استفاده شود. از آنجایی که خلق تکنولوژی نیازمند سرمایه، نیروی انسانی و زمان زیادی است، تمام کشورها نمی‌توانند به تولید آن پردازند و باید آن را انتقال دهند. انتقال و توسعه تکنولوژی تأثیرات بسیاری در اکتشاف، توسعه و بهره‌برداری از میادین نفتی و گازی دارد و سبب کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد. به‌عبارت دیگر عدم استفاده از تکنولوژی روز دنیا در بخش بالادستی، سبب خواهد شد فرآیند اکتشاف، توسعه و تولید به‌کندی صورت پذیرد و با وجود افزایش سرمایه‌گذاری واقعی، هزینه متوسط تولید روندی افزایشی و باشتاب داشته باشد. اکثر کشورهای نفت‌خیز جهان در قالب قراردادهای خاص، توان تکنولوژیک کشورهای پیشرفته را استخدام و با کمک شرکت‌های بین‌المللی نفتی یا کشورهای توسعه‌یافته، ذخایر انرژی خود را استحصال می‌نمایند. ایران نیز تا حدود زیادی از همین روند در فرآیند تولید نفت و گاز خود استفاده کرده است. امروزه افت تولید نفت در ایران شرایط نگران‌کننده‌ای دارد، به‌طور متوسط سالانه ۱۰ درصد توان تولید کاهش می‌یابد (مرادی، ۱۳۹۶). صنعت نفت ایران به بهره‌برداری ساده و سنتی (بهره‌برداری مبتنی بر فشار طبیعی مخزن و انتقال ساده نفت از مخزن به سطح زمین) از میادین نفتی می‌پردازد و توانایی تولید در شرایط بحرانی و با استفاده از روش‌های پیچیده برای بازیافت نفت مخازن را ندارد (آل‌آقا، ۱۳۹۱). از طرف دیگر بسیاری از تجهیزات مربوط به تأسیسات بهره‌برداری از مخازن خشکی و دریایی فرسوده شده‌اند. افزایش تولید و ایجاد ظرفیت‌های تازه نیازمند اکتشافات جدید، توسعه میادین، فرآیند مدیریت علمی مخازن و سرمایه‌گذاری جهت حفظ تولید مخازن و افزایش بازیافت آن‌ها می‌باشد که این امر تکنولوژی خاصی را می‌طلبد که فراتر از توان کنونی صنعت نفت ایران است و مقابله با این افت نیازمند استفاده از تکنولوژی‌های جدید است.

نتایج مطالعات مختلفی در خصوص اثر تکنولوژی بر تولید نفت در کشورهای توسعه یافته انجام شده، نشان می‌دهد که استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در بخش بالادستی صنعت نفت، علاوه بر آن که سبب می‌شود فرآیند افت تولید کندتر گردد، کاهش هزینه متوسط تولید را نیز به همراه خواهد داشت. آنچه تاکنون در مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته، بررسی اهمیت انتشار تکنولوژی بر هزینه‌های تولید در بخش بالادستی کشورهای نفتی در حال توسعه می‌باشد. لذا هدف از انجام این مطالعه این است که آیا روند انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی در ایران همگام با دنیا بوده و یا اینکه بخش بالادستی صنعت نفت ایران از تحولات عظیم تکنولوژیکی به‌طور کامل و جامع بهره‌مند شده است. به همین منظور در مطالعه حاضر سه موضوع بررسی می‌شود. ابتدا روند سالانه انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی نفت و گاز در دنیا محاسبه می‌گردد. سپس با استفاده از شاخص به‌دست آمده برای انتشار تکنولوژی، تابع هزینه متوسط در بخش بالادستی تخمین زده و بررسی می‌گردد که آیا این بخش توانسته از تکنولوژی‌های روز دنیا بهره‌مند گردد. در پایان به‌منظور نشان دادن اهمیت تکنولوژی در ارتقای بخش نفت و گاز از یک رویکرد شبیه‌سازی ساده استفاده شده است. بدین مفهوم که رفتار هزینه‌های تولید بالادستی در دو سناریوی (شرایط موجود و استفاده از تکنولوژی روز دنیا) مورد مقایسه قرار گرفته و اختلاف میان روند هزینه متوسط تولید در بخش بالادستی در شرایط موجود با شرایط ایده آل محاسبه شده است.

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

در سطح اقتصاد کلان مطالعات زیادی در زمینه بررسی اثر تکنولوژی و نوآوری بر رشد اقتصادی و سطح استاندارد زندگی انجام شده است (رومر^۱ ۱۹۹۰، گروسمن و هلپمن^۲ ۱۹۹۱). در سطح اقتصاد خرد نیز از متدولوژی‌های مختلفی برای پی‌بردن به ارتباط بین تغییرات تکنولوژی، کارایی و هزینه‌های متوسط و نهایی در هر بخش اقتصاد استفاده شده است (کورتتم و لاج^۳ ۱۹۹۵). در ادبیات منابع طبیعی و محیط‌زیست، اثرات بالقوه تغییرات تکنولوژیکی در جلوگیری از فرآیند کاهش منابع پایان‌پذیر بسیار مورد

1. Romer
2. Grossman and Helpman
3. Kortum and Lach

توجه قرار گرفته است. ساده‌ترین مدل، الگوی هاتلینگ (۱۹۳۱) است که بیان می‌دارد قیمت واقعی منابع تجدیدناپذیر باید معادل نرخ بهره واقعی افزایش یابد. این الگو در مورد منابعی که مقدار ذخیره اولیه ثابت و هزینه نهایی تولید صفر دارند، درست می‌باشد، اما نمی‌توان آن را به تمامی منابع تعمیم داد. اگر پیشرفت‌های تکنولوژیکی در استخراج از این منابع سریع باشند، امکان دارد که قیمت منابع در طی زمان ثابت مانده و یا کاهش یابد (دنيس اپیل^۱ ۱۹۷۵). ضعف الگوی هاتلینگ در پیش‌بینی به‌خوبی شناخته شده است. این ضعف در بخشی از پیشرفت‌های تکنولوژیکی خودش را نشان داده است. از یک طرف پیشرفت‌های تکنولوژیکی ممکن است منجر به تولید موادی گردد که جایگزین منابع تجدیدناپذیر شوند و از طرف دیگر می‌تواند منجر به تولید تجهیزات و دستگاه‌هایی شود که فرآیند تولید از منابع تجدیدناپذیر را بهبود بخشد و کارایی بهتری در استخراج منابع به‌جا مانده داشته باشند و اثر تخلیه‌سازی بر هزینه تولید و قیمت را خنثی کنند. مطالعات زیادی به بررسی تقابل بین اثر تخلیه‌سازی منابع و پیشرفت‌ها تکنولوژی در صنعت نفت در دنیا پرداخته‌اند، اما تفاوت آن‌ها در متغیرهای جایگزینی است که برای تکنولوژی و اثر تخلیه‌سازی استفاده کرده‌اند. اندازه‌گیری تکنولوژی برای محاسبه توابع تولید و هزینه کار بسیار دشواری می‌باشد. برای این منظور معمولاً از سه متغیر جایگزین برای تغییرات تکنولوژیکی استفاده می‌شود که عبارتند از متغیر روند، هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D) و فعالیت‌های مربوط به ثبت اختراع. در ارتباط با نرخ تخلیه‌سازی نیز از دو متغیر جایگزین استفاده می‌شود که عبارتند از مقدار تجمعی ذخایر و یا مقدار تجمعی تولید. در ذیل به برخی از مطالعات داخلی و خارجی که در این زمینه انجام شده است، اشاره می‌گردد:

مطالعات خارجی

- فاگان^۲ (۱۹۹۷) به بررسی اثر تخلیه‌سازی و تغییرات تکنولوژی بر تابع هزینه تولید آمریکا برای دوره زمانی ۱۹۹۴-۱۹۷۴ پرداخته است. در این مطالعه از اطلاعات مربوط به ۲۷ تولیدکننده بزرگ آمریکا استفاده شده و اثر تخلیه‌سازی با تعداد تجمعی چاه‌های حفر شده و تغییرات تکنولوژی توسط متغیر روند لحاظ شده است. نتایج بیانگر آن است

1. Dennis Epple
2. Fagan

که رشد تکنولوژی، متوسط هزینه بخش نفت را در میداین خشکی ۱۵ درصد و در میداین دریایی ۱۸ درصد کاهش داده است. اثر تخلیه‌سازی نیز متوسط هزینه را به‌طور میانگین ۷ درصد در خشکی و ۱۲ درصد در دریا افزایش داده است. بنابراین در دوره مورد نظر پیشرفت تکنولوژی بر اثر تخلیه‌سازی غلبه کرده است.

- بوهی^۱ (۱۹۹۹) مطالعات جامعی در رابطه با پیشرفت‌های تکنولوژی در بالادستی نفت در دهه ۱۹۹۰ انجام داده است و تأثیرات تکنولوژی‌های توسعه و استخراج را روی شاخص کارایی بررسی کرده است.

- فوربس و زامپلی^۲ (۲۰۰۰) به مطالعه اثر تکنولوژی بر نرخ موفقیت استخراج از میداین دریایی ایالات متحده آمریکا برای دوره زمانی ۱۹۹۵-۱۹۷۸ پرداختند. در این مطالعه نشان داده شد که بخش عمده‌ای از بهبود نرخ موفقیت در استخراج از میداین دریایی، ناشی از پیشرفت‌های صورت گرفته در تکنولوژی لرزه‌نگاری و حفاری می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تا قبل از سال ۱۹۸۵ اثر خالص پیشرفت تکنولوژی روی نرخ تخلیه‌سازی خیلی کم بوده اما پس از سال آن پیشرفت‌های تکنولوژیکی موجب شد تا نرخ موفقیت رشد قابل توجهی داشته باشد.

- کادینگتون و موس^۳ (۲۰۰۱) به بررسی اثر تکنولوژی و تخلیه‌سازی در صنعت نفت آمریکا پرداختند. برای این منظور تابع هزینه تولید نفت را محاسبه و اثرات پیشرفت‌های تکنولوژیکی را در کاهش هزینه‌ها و افزایش ذخایر نفتی بررسی کرده‌اند. آنها به طراحی شاخصی برای اندازه‌گیری انتشار تکنولوژی پرداخته‌اند.

- ماناگی، اپالوچ، توماس و گریگالوناس^۴ (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات تکنولوژی و اثر تخلیه‌سازی در میداین نفتی در خلیج مکزیک برای دوره زمانی ۱۹۹۸-۱۹۴۷ پرداختند. در این مطالعه برای محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی از روش کادینگتون و موس استفاده شد، اما به هر نوع تکنولوژی، بسته به میزان اثرگذاری آن، وزن داده شده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بهبود تکنولوژی سبب کاهش اثر تخلیه‌سازی در فرآیند تولید می‌شود اما میزان این اثر در میداین مختلف متفاوت می‌باشد.

1. Bohi

2. Forbes & Zampeli

3. Cuddihgton – Moss

4. Managi, Opaluch, Thomas, Grigalunas

- فوربس و زامپلی (۲۰۰۲)، به بررسی تکنولوژی و نرخ موفقیت بهره‌برداری در میادین خشکی آمریکا پرداخته‌اند. این مطالعه بر اساس اطلاعات مربوط به ۲۹ شرکت بزرگ نفتی در ایالات متحده برای دوره زمانی ۱۹۷۸-۱۹۹۸ می‌باشد. نتایج نشان داد که اثر پیشرفت‌های تکنولوژی در نرخ موفقیت بهره‌برداری طی سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۵ کم و ناچیز بوده، اما از سال ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ باعث رشد سالانه ۷ درصدی در نرخ موفقیت بهره‌برداری شده است.

- ماناگی، اپالوج، توماس و گریگالوناس (۲۰۰۵)، علاوه بر مطالعه اثر تغییرات تکنولوژی و نرخ تخلیه‌سازی در میادین واقع در خلیج مکزیک، به بررسی رشد کارایی عوامل تولید در صنعت نفت این منطقه برای دوره زمانی ۱۹۷۶-۱۹۹۵ پرداختند و علاوه بر بررسی اثر تغییرات تکنولوژی بر تولید، اثر قوانین زیست‌محیطی بر تولید این میادین را نیز بررسی نمودند. نتایج نشان داد که قوانین زیست‌محیطی بر تولید اثر منفی داشته بوده و اثر این طی زمان کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده شد که بهره‌وری تولید در سطح میدان روندی کاهشی دارد که علت آن افزایش اثر تخلیه‌سازی و افزایش عمق آب می‌باشد.

- جف ترستون^۱ (۲۰۰۴)، به مطالعه منشأ نوآوری در بالادستی صنعت نفت پرداخته و بررسی نمود که نوسانات در روند نوآوری‌های صورت گرفته ناشی از افزایش تقاضاست یا جهش تکنولوژی. روند انتشار تکنولوژی در توسعه و استخراج میادین نفتی از سال ۱۹۴۷ تا ۱۹۹۰ نوسانات زیادی دارد و نقاط اوج آن مربوط به سال‌های ۱۹۶۲، ۱۹۷۲ و ۱۹۸۴ می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۱۹۶۲ رشد شدید در نوآوری‌ها ناشی از جهش تقاضای نفت و گاز بوده و در سال ۱۹۷۲ ناشی از جهش تکنولوژی و در سال ۱۹۸۴ ترکیبی از هر دو بوده است. رشد تقاضا با وقفه‌ای در حدود چهار سال روی تکنولوژی تأثیر گذاشته است.

- نیل، بل و هنسن^۲ (۲۰۰۶)، در مطالعه‌ای به بررسی روند تاریخی توسعه و گسترش تکنولوژی و ارائه پیش‌بینی آن پرداختند. تجاری‌سازی تکنولوژی در بازار نفت و گاز علاوه بر این که بسیار هزینه‌بر است، نیاز به زمان زیادی دارد. زمان لازم برای ورود تکنولوژی به بازار و استفاده از آن حدود شانزده سال تخمین زده شده است.

1. Jeff Thurston
2. Neal, Bell, Hansen

- هارت^۱ (۲۰۰۸)، به بررسی اثر تکنولوژی بر افزایش تولید در میدان هاندیل^۲ اندونزی برای دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۷۵ پرداخته است. در این مطالعه از متغیر روند به عنوان شاخص تکنولوژی استفاده و نشان داده شد که استفاده از تجهیزات پیشرفته و جدید، اثر مثبت و معناداری روی تولید از این میدان دارد و کارایی سرمایه را نیز افزایش می دهد.

- لارس لیندولت^۳ (۲۰۱۳)، به بررسی تقابل میان اثر تخلیه سازی منابع نفتی و تغییرات تکنولوژیکی در صنعت جهانی نفت برای دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۸۱ پرداخته است. در این مطالعه اثر تغییرات تکنولوژی بر هزینه تولید نفت در هشت منطقه بررسی شد. متغیر جایگزین برای تغییرات تکنولوژی، روند هزینه های مربوط به فعالیت های تحقیق و توسعه در بخش بالادستی نفت در نظر گرفته شده است. سهم پیشرفت های تکنولوژیکی در تغییرات هزینه در فرآیند تولید نفت برآورد گشته و علاوه بر آن نشان داده شده که اثر تخلیه سازی در منابع نفتی چه میزان از اثر پیشرفت تکنولوژی در فرآیند تولید، می کاهد. در هر هشت منطقه، نرخ تخلیه سازی و تغییرات تکنولوژیکی اثر معناداری روی تابع هزینه داشتند. در تمامی مناطق تا اواسط دهه ۱۹۹۰ اثر تغییرات تکنولوژیکی روی هزینه تولید بیشتر از اثر تخلیه سازی بوده و در سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ اثر تخلیه سازی از اثر پیشرفت تکنولوژی پیشی گرفته زیرا از سال ۲۰۰۰ به بعد هزینه تولید در اکثر مناطق شروع به افزایش کرده است.

مطالعات داخلی

- عسلی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی تأثیر بهبود فناوری تولید بر ارتقا بهره وری در فعالیت های بالادستی صنعت نفت ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۴۷ پرداختند. در این مطالعه از شاخص انتشار تکنولوژی که توسط کادینگتون و موس تا سال ۱۹۹۱ (۱۳۷۰) محاسبه شده، استفاده شده و برای دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۷۰ با استفاده از روش خود همبسته میانگین متحرک (ARMA)، سری زمانی انتشار تکنولوژی پیش بینی شده است. نتایج مطالعه نشان داده که نوسانات تکنولوژی از اواسط دهه

1. Hart
2. Handil
3. Lars Lindholt

۱۳۶۰ تأثیر معناداری بر کاهش هزینه تولید نفت و گاز نداشته و اگر از تکنولوژی روز دنیا استفاده می‌شد، هزینه‌های تولید به میزان قابل توجهی کاهش می‌یافت.

- عزیزی و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی جایگاه و اهمیت انتقال تکنولوژی در صنعت نفت کشور پرداخته‌اند. قابلیت‌های تکنولوژیکی صنعت نفت در ایران هیچ‌گاه در حد توانمندی‌های مورد نیاز برای تجاری‌سازی تکنولوژی‌های جدید نبوده است. همین شکاف آشکار تکنولوژیکی باعث استفاده از تکنولوژی‌های وارداتی شده و باعث تحمیل هزینه‌های سنگین خرید تکنولوژی در کشور شده است.

- ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی مفاهیم استفاده، انتقال و توسعه تکنولوژی پرداخته و تفاوت این موارد را در عمل و از دید اجرایی بیان کرده‌اند. آن‌ها نشان دادند که موضوعات استفاده، انتقال و توسعه تکنولوژی دارای ماهیتی متمایز و قابل تفکیک از یکدیگرند و باید به‌طور جدی توسط شرکت‌های بین‌المللی در مراحل اکتشاف، توسعه و عملیات میدانی ایران مورد توجه قرار گیرد.

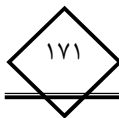
- نوروزی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی موانع انتقال و توسعه فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت پرداخته و نشان دادند که موانعی نظیر کمبود ظرفیت جذب فناوری، قفل‌شدگی نهادی، شکست شبکه‌های نوآوری، عدم توجه به سطوح و اجزای فناوری از موانع اصلی عدم موفقیت کشور در امر انتقال و توسعه فناوری در بخش بالادستی می‌باشند.

۳- روش شناسی تحقیق

در این بخش ضمن بررسی روند تولید نفت، گاز و هزینه تولید آن‌ها، انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت تابع هزینه تولید تحقیق حاضر تبیین می‌گردد.

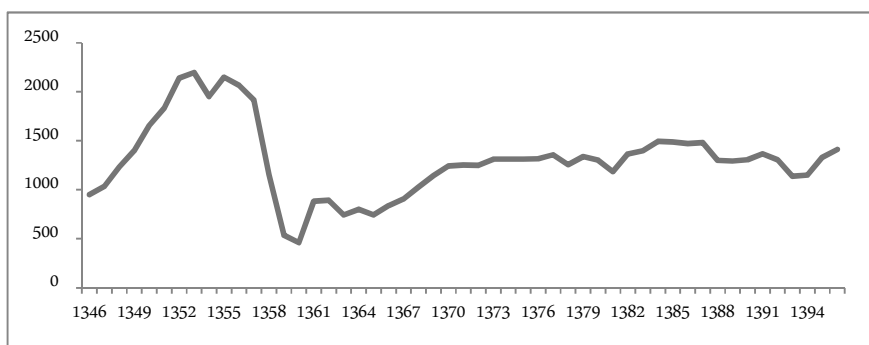
تولید نفت

تولید نفت در ایران در دهه ۱۳۵۰ در بالاترین سطح خود قرار داشت و در سال ۱۳۵۳ به بیش از ۶ میلیون بشکه در روز رسید. تولید طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ تقریباً ثابت بود و نوسانات بسیار اندکی داشته زیرا که بیشتر میدانی نفتی ایران وارد



محاسبه انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی صنعت نفت و اثر آن بر هزینه ...

نیمه دوم عمر خود شده و تولید بیشتر از آن‌ها نیازمند استفاده از تکنولوژی روز دنیا و افزایش سرمایه‌گذاری بود. از سال ۱۳۹۰ به علت اعمال تحریم‌های بین‌المللی علیه ایران و ایجاد محدودیت‌هایی برای فروش نفت، تولید روندی نزولی یافته و مجدداً از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ روندی صعودی به خود گرفت.

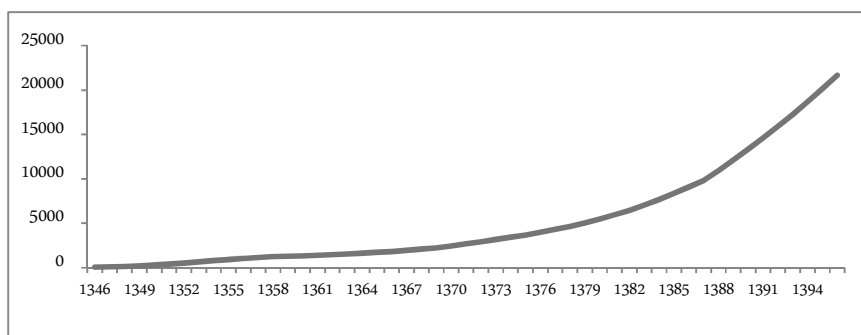


نمودار ۱. روند تولید نفت در ایران (میلیون بشکه در سال)

Source: Opec Statistical, 2018

تولید گاز طبیعی

تولید گاز در ایران طی دو دهه اخیر رشد بسیاری داشته است. دلیل اصلی این رشد، افزایش سرعت بهره‌برداری از بزرگ‌ترین میدان گازی جهان، پارس جنوبی می‌باشد. بخش عمده گاز تولیدی، در داخل کشور و در بخش‌های مختلف مانند بخش خانگی، نیروگاهی، صنعت و همچنین تزریق به چاه‌های نفتی مصرف شده است.



نمودار ۲. روند تولید گاز در ایران (میلیون بشکه معادل نفت خام)

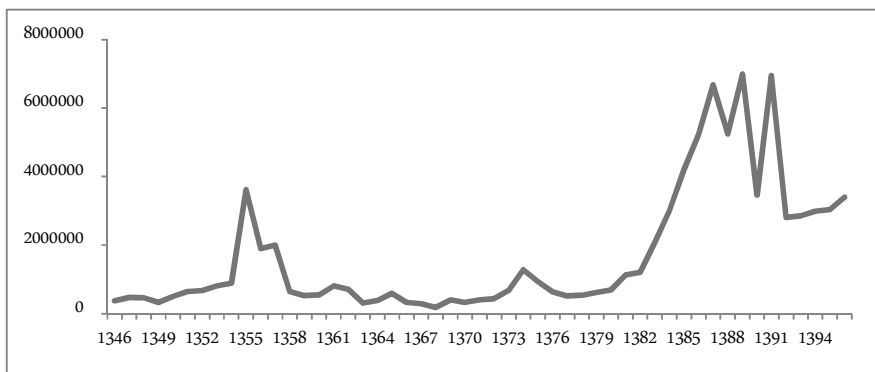
Source: Opec Statistical, 2018

هزینه تولید نفت و گاز

هزینه‌های بالادستی برای تولید مواد هیدروکربوری از اعماق زمین شامل هزینه‌های مرتبط با یافتن منابع و نیز هزینه‌های مستقیم تولید است. هزینه یافتن منابع هیدروکربوری شامل کلیه هزینه‌های پرداخت شده برای اکتشاف و توسعه میدان می‌باشد. از آنجا که منابع بزرگ هیدروکربوری اغلب در دهه‌های گذشته مورد بهره‌برداری قرار گرفته و اکتشاف منابع جدید بیشتر متوجه میادین با ظرفیت‌های کمتر و تولید دشوارتر شده، هزینه‌های مرتبط با اکتشاف و توسعه در دهه‌های گذشته روندی صعودی داشته است.

هزینه‌های مستقیم تولید شامل نیروی انسانی، مواد و کالای مصرفی، نگهداری و تعمیر چاه‌ها و خطوط لوله، عملیات فرآورش، اجاره و خدمات پیمانکاری بیمه، سوخت مصرفی، سیستم پشتیبانی (آب، برق)، مالیات‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های بالاسری و مدیریت می‌باشند. عامل اصلی مؤثر بر هزینه تولید مواد هیدروکربوری، ویژگی‌های مخزن است که به نوبه خود تابع پارامترهایی مانند اندازه میدان، فشار مخزن و خواص بسته به موقعیت جغرافیایی عمر و نوع میدان تغییر می‌یابند و این امر سبب می‌شود تا هزینه تولید نفت و گاز در مناطق مختلف جهان متفاوت باشد. علیرغم پیشرفت‌های زیادی که در اکتشاف و بهره‌برداری از منابع هیدروکربوری برای تولید نفت از ساختارهای عمیق‌تر صورت گرفته، هزینه‌های یافتن و استخراج نفت در سال‌های اخیر افزایش یافته است. با افزایش قیمت نفت از سال ۲۰۰۵، هزینه‌های تولید نفت در تمام دنیا افزایش یافت، اما رشد این هزینه‌ها در ایران از متوسط رشد سایر کشورهای خاورمیانه و عضو اوپک بالاتر بوده است.

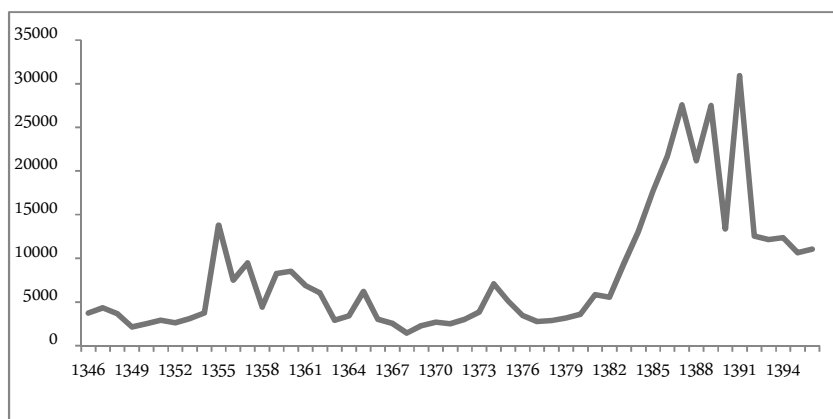
در نمودار ۳ روند عملکرد سرمایه‌گذاری واقعی در بخش بالادستی ایران برای دوره ۱۳۹۶-۱۳۴۶ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سرمایه‌گذاری واقعی در بخش بالادستی از سال ۱۳۸۲ شتاب بسیاری داشته و از سال ۱۳۹۱ به بعد به علت اعمال تحریم‌ها علیه ایران کاهش یافته است.



نمودار ۳. روند سرمایه‌گذاری واقعی در بخش بالادستی در ایران (میلیارد ریال)

منبع: آمار اخذ شده از شرکت ملی نفت ایران در خصوص عملکرد سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی

هزینه متوسط تولید، از تقسیم میزان سرمایه‌گذاری واقعی شرکت ملی نفت ایران بر میزان تولید در بخش بالادستی حاصل شده است. فرآیند اکتشاف، توسعه و تولید از میادین نفتی در ایران به کندی صورت پذیرفته و علیرغم افزایش سرمایه‌گذاری واقعی، هزینه متوسط تولید روندی افزایشی و با شتاب را تجربه کرده است.



نمودار ۴. روند متوسط هزینه تولید نفت و گاز در ایران (ریال در بشکه)

منبع: محاسبه محقق بر حسب آمار اخذ شده از شرکت ملی نفت ایران در خصوص عملکرد سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی

متغیر دیگری که در تخمین تابع هزینه متوسط لحاظ می‌شود، اثر تخلیه‌سازی^۱ می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان دید که برای نشان دادن اثر تخلیه‌سازی از متغیرهای جایگزین متفاوتی استفاده می‌شود. مقدار تجمعی تولید کنت ارو^۲، مقدار تجمعی ذخایر کشف شده در هر سال و مقدار تجمعی فعالیت‌های حفاری^۳ انجام شده در هر سال اوهلر (۱۹۷۵)، لیورنوئیز (۱۹۷۸) و پیندیک^۴ (۱۹۸۸)، متغیرهای متغیرهای جایگزین متداولی می‌باشند که برای اثر تخلیه‌سازی به‌کار می‌روند. در این مطالعه متغیر جایگزین برای اثر تخلیه‌سازی، مقدار تجمعی تولید از ابتدای دوره تا زمان $t-1$ ، در نظر گرفته می‌شود:

$$Z_t = \sum_{s=0}^{t-1} Q_s$$

انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی

به‌منظور بررسی میزان اثرگذاری تکنولوژی در فعالیت‌های بخش بالادستی صنعت نفت، ابتدا باید پیشرفت‌های تکنولوژیکی در این بخش را کمی نمود. در اکثر مطالعاتی که در خصوص اثر تکنولوژی در بخش بالادستی انجام شده، از متغیر روند به‌عنوان متغیر جایگزین تکنولوژی استفاده شده است. در برخی دیگر از مطالعات، هزینه‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان متغیر جایگزین برای تکنولوژی بکار رفته است. تنها مطالعه‌ای که در آن شاخص انتشار تکنولوژی محاسبه شده، مطالعه کادینگتون و موس^۵ در سال ۱۹۹۸ بود که در آن به بررسی اثر تکنولوژی در صنعت نفت آمریکا پرداخته شده است. آن‌ها برای محاسبه این شاخص، از اطلاعات مربوط به هزینه‌های تحقیق و توسعه و تعداد امتیازهای ثبت اختراع^۶، مترای حفاری شده، اطلاعات مربوط به فعالیت‌های لرزه‌نگاری و حفر انواع چاه‌ها استفاده کرده‌اند. برای انتخاب متغیرهای مناسب در محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی به بررسی کلیه مقالات فنی، مصاحباتی که با کارشناسان مطرح صنعت نفت صورت گرفته بود و گزارش‌های کلی در رابطه با بخش بالادستی، پرداختند. اولین استفاده تجاری از یک تکنیک را به‌عنوان سال نشر آن

1. depletion effect
2. Kenneth Arrow
3. cumulative drilling activity
4. uhler, livernois, pindyck
5. John T. Cuddington, Diana L. Moss, "Technological change, depletion and the U. S. petroleum Industry"
6. Patent

تکنولوژی در نظر گرفتند و بدین ترتیب سری زمانی انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی نفت و گاز را برای دوره زمانی ۱۹۹۱-۱۹۴۷ استخراج کرده‌اند. بعد از کادینگتون و موس، در سال ۲۰۰۱ ماناگی^۱ و همکارانش در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر تکنولوژی بر میدین دریایی خلیج مکزیک با استفاده از روش کادینگتون و موس، شاخص انتشار تکنولوژی را برای دوره زمانی ۱۹۹۸-۱۹۴۷ محاسبه کرده‌اند. تفاوت آن‌ها در محاسبات با کادینگتون و موس، در وزنی بود که به هر یک از تکنولوژی‌ها اختصاص دادند. وزن مربوط به هر یک از انواع تکنولوژی بر حسب میزان اثرگذاری آن تکنولوژی در فعالیت‌های اکتشاف، توسعه و استخراج، تعیین شده بود.

بررسی مقالات منتشر شده در این حوزه، نشان می‌دهد که در هیچ مطالعه‌ای میزان انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی برای سال‌های بعد از ۱۹۹۸ محاسبه نشده و در مطالعات انجام شده، از متغیر روند و یا هزینه‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان متغیر جایگزین استفاده شده است.

بنابراین برای محاسبه این شاخص، ابتدا تمامی مطالعات بین‌المللی در خصوص پیشرفت‌های تکنولوژیکی و ابداعات در بخش بالادستی نفت مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به شواهد تجربی موجود در این زمینه، متغیرهای کلیدی به‌منظور محاسبه این شاخص شناسایی شده‌اند. عوامل و متغیرهای کلیدی در بخش بالادستی نفت و گاز آن دسته از اقدامات، ابداعات و پیشرفت‌های تکنولوژیکی می‌باشند که موجب کاهش هزینه‌های تولید، افزایش میزان تولید و استخراج، افزایش ذخایر و کاهش زمان اجرای پروژه شوند.

یکی از متغیرهای بسیار مهم در محاسبه انتشار تکنولوژی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه است. برای تولید تکنولوژی جدید، اولین مرحله انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه^۲ (R&D) می‌باشد. سرمایه‌گذاری در این زمینه با ریسک بالایی همراه است زیرا به نتیجه رسیدن آن مستلزم صرف زمان زیادی است و طی این مدت، امکان وقوع اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی بسیاری وجود دارد. بنابراین نمی‌توان گفت که تمامی هزینه‌های تحقیق و توسعه منجر به خلق تکنولوژی می‌گردد، اما تمامی تکنولوژی‌های

1. Managi, Opaluch, Jin and Grigalunas, "technological change and depletion in offshore Oil and Gas"

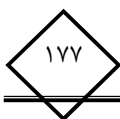
2. Research and Development activity

موجود، نتیجه انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌باشند. شواهد نشان می‌دهد که بخش اعظمی از هزینه‌هایی که صرف فعالیت‌های تحقیق و توسعه در بخش نفت شده، توسط شرکت‌های بین‌المللی نفتی صورت گرفته است. طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۸۰ بیش از ۷۰ درصد از سرمایه‌گذاری‌ها در فعالیت‌های تحقیق و توسعه توسط شرکت‌های شل، توتال، اکسون موبیل و بی‌پی صورت گرفته است^۱. به همین منظور در این مطالعه برای محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی، روند هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش بالادستی صنعت نفت به‌عنوان یک عامل مهم در توسعه تکنولوژی لحاظ شده است.

دومین متغیر کلیدی در محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی، میزان فعالیت‌های لرزه‌نگاری^۲ می‌باشد. رشد و گسترش فعالیت‌های اکتشاف، توسعه و تولید از میادین نفتی تا حد بسیاری متأثر از فعالیت‌های لرزه‌نگاری بوده است. طبق آمار اداره انرژی آمریکا (EIA) نرخ موفقیت بهره‌برداری در آمریکا از ۵/۲۷ درصد در سال ۱۹۷۸ به ۲/۳۴ درصد در سال ۱۹۹۸ افزایش یافته است. علت اصلی این افزایش پیشرفت‌های تکنولوژیکی در زمینه فعالیت‌های لرزه‌نگاری ذکر شده است. تکنولوژی لرزه‌نگاری سه‌بعدی از اواسط دهه ۱۹۸۰ در دسترس بوده و از سال ۱۹۹۲ به‌طور گسترده توسط شرکت‌های نفتی مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی در تمام عمر مخزن از ابتدای تولید، برای تعیین فشار مخازن، تا اواسط عمر مخزن، برای مشاهده جبهه حرکت آب و حتی در اواخر عمر مخزن، برای مشخص کردن مکان‌های نفت جاروب نشده و کنار زده شده، کاربرد دارد. بنابراین استفاده از این تکنولوژی نرخ موفقیت در استخراج و توسعه چاه‌های نفتی را افزایش داده و هزینه‌های استخراج و توسعه میادین نفتی را کاهش داده است. داده‌های مربوط به میزان فعالیت‌های لرزه‌نگاری، بر حسب وسعت منطقه لرزه‌نگاری شده (کیلومتر مکعب) و میزان هزینه صرف شده برای این فعالیت منتشر می‌گردد. در این مطالعه نیز برای محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی، از داده‌های مربوط به روند هزینه‌های صرف شده برای فعالیت‌های لرزه‌نگاری استفاده شده است.

1. Jai Presaud, 2007

2. Seismic Activity



حفاری افقی^۱ سومین متغیر کلیدی در محاسبه شاخص تکنولوژی می‌باشد. حفاری‌های افقی از اواخر دهه ۱۹۸۰ به سرعت گسترش یافتند. حفاری در این روش، با زاویه نود درجه نسبت به محور چاه انجام می‌شود. این نوع حفاری می‌تواند در سنگ مخزن بسیار به صرفه باشد، زیرا سطح تماس مخزن را با چاه افزایش داده و در نتیجه باعث برداشت بیشتر و بهتر از مخزن شود. حفر چاه‌های افقی سبب می‌شود تا تولید ۳ الی ۱۰ برابر افزایش یابد اما استفاده از این روش نیاز به تکنولوژی بالایی دارد. کاربرد اصلی چاه‌های افقی، کم کردن و به تأخیر انداختن پدیده مخروطی شدن گاز و آب (پایین آمدن سطح گاز و بالا رفتن سطح آب) بوده که این امر باعث تولید بیشتر از چاه‌ها می‌شود. چاه‌های افقی بیشتر در محیط مخزن قرار می‌گیرند و اجازه سرعت تولید بیشتر را در افت فشارهای پایین تر می‌دهند. حفاری چاه‌های افقی از ۵۰ حلقه در سال ۱۹۸۵ به بیش از هزار حلقه در سال ۱۹۹۰ افزایش یافت. استفاده از تکنولوژی مربوط به حفر چاه‌های افقی، تأثیر گسترده‌ای بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش راندمان و میزان تولید دارد. بنابراین در محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی از تعداد چاه‌های افقی حفر شده، استفاده شده است.

حفاری در آب‌های عمیق^۲ نیز یکی از مهم‌ترین متغیرهاست که در محاسبه شاخص تکنولوژی لحاظ می‌گردد. با گذشت زمان و نیاز بیشتر به منابع نفتی، نیاز به اکتشاف مخازن نفتی در مناطق دریایی با عمق زیاد، محسوس تر شد، منتها استخراج از این نوع منابع با چالش‌ها و مشکلات زیادی همراه می‌باشد و تنها راه غلبه بر مشکلات، دستیابی به تکنولوژی حفاری و تولید در آب‌های عمیق است. به کارگیری این نوع از تکنولوژی برای حفاری چاه‌های نفت و گاز در آب‌های عمیق می‌تواند به‌عنوان یک مزیت مهم برای شرکت‌های نفتی تلقی گردد. چرا که حفاری چاه‌های نفت و گاز در آب‌های عمیق بسیار سخت می‌باشد و نیاز به راهکارهای مطمئن برای کاهش هزینه و ریسک دارد. لذا در محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی، تعداد چاه‌های حفر شده در آب‌های عمیق نیز لحاظ شده است.

1. Horizontal Drilling
2. Deep Water Drilling

نسبت تولید نفت و گاز به ذخایر از جمله متغیرهای مهمی است که بیانگر سطح تکنولوژی کاربردی در بخش بالادستی می‌باشد. استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در بخش بالادستی علاوه بر آن که به گسترش و توسعه ذخایر منجر می‌گردد، تولید را نیز به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد. بهره‌مندی از تکنولوژی‌های روز دنیا، ضریب بازیافت نفت را افزایش خواهد داد و این نسبت افزایش خواهد یافت.

برای محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی با استفاده از متغیرهای مطرح شده در فوق، روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی (PCA) بکار برده شده است. در این روش متغیرهای موجود در یک فضای چند حالتی همبسته به یک مجموعه از مؤلفه‌های غیرهمبسته خلاصه می‌شوند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند. مؤلفه‌های غیرهمبسته به دست آمده مؤلفه‌های اساسی (PC) نامیده می‌شوند. به‌طور کلی کاربرد عمده روش تحلیل اجزای اساسی عبارت است از: کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته‌بندی متغیرها می‌باشد. مزیت اصلی کاربرد این روش در اقتصادسنجی از بین بردن هم خطی در مدل‌ها به‌واسطه تعداد زیاد متغیرهای مؤثر در مدل می‌باشد.

برای محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی، از داده‌های مربوط به فعالیت‌های بالادستی در آمریکا که توسط اداره انرژی آمریکا (EIA) برای دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۵۳ به صورت سالانه منتشر شده، استفاده گردیده است. علت اصلی انتخاب داده‌های آمریکا برای محاسبه میزان انتشار تکنولوژی این است که اولاً در این منطقه همواره از تکنولوژی‌های روز دنیا در اکتشاف، توسعه و استخراج نفت و گاز استفاده شده و ثانیاً داده‌های مربوط به متغیرهای مورد نظر، برای این منطقه در دسترس است. اولین گام در بررسی ارتباط بین متغیرها، بررسی ماتریس همبستگی آنها می‌باشد. بعد از حصول اطمینان از وجود ارتباط قوی بین متغیرها می‌توان با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی، یک شاخص ترکیبی به نام روند انتشار تکنولوژی ارائه نمود.

شاخص محاسبه شده برای انتشار تکنولوژی در مطالعه حاضر با شاخص‌های معرفی شده توسط کادینگتون-موس و ماناگی و همکاران برای سال‌های ۱۹۹۱-۱۹۵۳ مورد مقایسه قرار گرفته است. روند انتشار تکنولوژی در بالادستی که در این مطالعه حاصل شده بسیار نزدیک به روند دو شاخص معرفی شده می‌باشد.

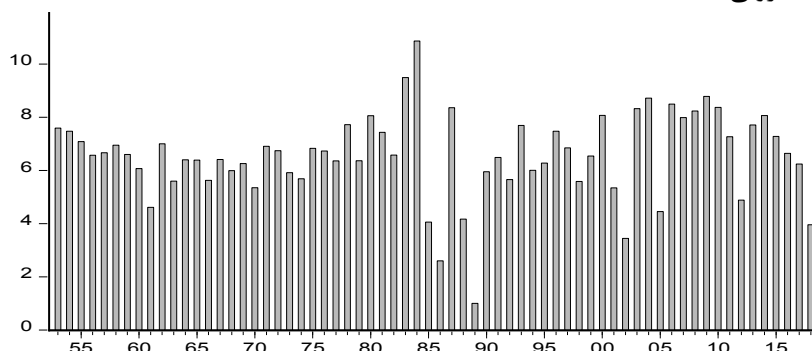
1. Principal Component Analysis

متغیر سطح تکنولوژی که در رابطه مورد نظر لحاظ می‌گردد، مقدار تجمیع شده انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی صنعت نفت در دنیا می‌باشد. به همین منظور بعد از محاسبه شاخص انتشار تکنولوژی که در فوق به آن پرداخته شد، مقدار تجمیع شده آن محاسبه می‌گردد.

$$\text{tech}_t = \sum_{n=1}^t \text{newtech}_n$$

ارتباط میان نسبت تولید به ذخایر در ایران با روند انتشار تکنولوژی در دنیا

بررسی روند تاریخی تولید نفت در مناطق مختلف دنیا، نشان‌دهنده اثر استفاده از تکنولوژی‌های جدید، بر میزان تولید و استخراج نفت از منابع زمینی و دریایی می‌باشد. از آنجایی که پیشرفت‌های تکنولوژیکی در بخش تولید و استخراج بیشتر مورد توجه بوده، با وجود اثرگذاری تکنولوژی بر فعالیت‌های اکتشافی و گسترش میزان ذخایر، نسبت تولید به ذخایر در مناطقی که از سطح بالاتر تکنولوژی برخوردار بودند، روندی صعودی داشته است. برای حصول اطمینان از تأثیرگذاری تکنولوژی بر نسبت تولید به ذخایر در ایران، از نمودار ۵ استفاده گردید. در این نمودار روند نسبت تولید به ذخایر برای ایران و روند انتشار تکنولوژی در دنیا نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود روند نسبت تولید به ذخایر در ایران تا اواسط دهه ۱۹۸۰ با روند انتشار تکنولوژی، همسو می‌باشد و تنها در سال‌های جنگ ایران و عراق به علت افت شدید در تولید، کاهش زیادی در این نسبت رخ داده است. از دهه ۱۹۹۰ به بعد، با وجود صعودی بودن انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی در دنیا، نسبت تولید به ذخایر در ایران روندی نزولی داشته است.

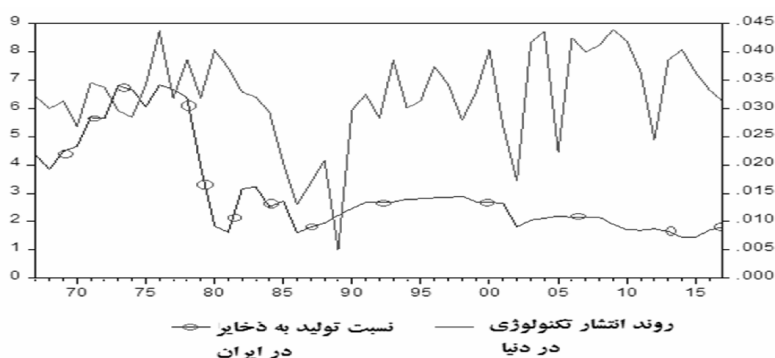


نمودار ۵. روند انتشار سالانه تکنولوژی در بخش بالادستی نفت و گاز (تعداد)

منبع: یافته‌های تحقیق

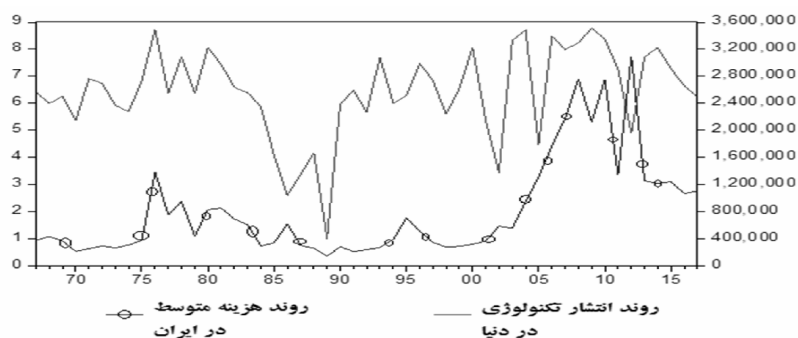
ارتباط میان هزینه متوسط تولید در ایران با روند انتشار تکنولوژی در دنیا

به منظور بررسی تأثیرپذیری هزینه متوسط تولید در ایران از انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی در دنیا، روند حرکت این دو متغیر در نمودار ۶ نشان داده شده است. همان طور که در نمودار ملاحظه می شود، تا اوایل دهه ۱۹۹۰، روند حرکت این دو متغیر تا حدود زیادی همسو بوده و هم حرکتی میان آن‌ها مشخص است. زیرا طی این سال‌ها، بسیاری از شرکت‌های بزرگ نفتی در دنیا که از تجهیزات پیشرفته و مدرن بهره‌مند بودند، در ایران فعالیت داشتند. از اواخر دهه ۱۹۹۰، به دلایل متعدد از جمله دلایل سیاسی، جنگ، اعمال تحریم‌های اقتصادی علیه ایران، مشکلات مربوط به نوع قراردادهای نفتی و عدم توجه به حضور شرکت‌های بین‌المللی نفتی، رشد فعالیت‌های توسعه، اکتشاف و تولید به کندی صورت گرفته و روند هزینه متوسط تولید در ایران صعودی شده و از سال ۲۰۰۰ به بعد نیز شتاب بسیاری پیدا کرده است.



نمودار ۶. روند انتشار تکنولوژی در دنیا و نسبت تولید به ذخایر در ایران

منبع: یافته‌های تحقیق



نمودار ۷. روند انتشار تکنولوژی در دنیا و روند هزینه متوسط در ایران

منبع: یافته‌های تحقیق

تابع هزینه تولید

در مطالعات مربوط به منابع انرژی تجدیدناپذیر، مرسوم است که برای محاسبه هزینه تولید، تأثیر تخلیه‌سازی و تغییرات تکنولوژیکی لحاظ شود و با بررسی مطالعات انجام شده می‌توان دید که تولید نفت به ساختار و ویژگی‌های مخزن و نرخ تخلیه‌سازی آن بستگی دارد. در فرآیند تولید بسته به سطح تکنولوژی مورد استفاده، نرخ تخلیه‌سازی جبران می‌گردد. به‌منظور بررسی اثر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و اثر تخلیه‌سازی بر تولید، در ادبیات اقتصادی از تابع تولید به شکل کابداگلاسی استفاده می‌شود. تابع کابداگلاس از خصوصیات همگنی، یکنواختی، تقعر، پیوستگی، مشتق‌پذیری و غیرمنفی بودن برخوردار است. این تابع خصوصیت ضرورت مصرف نهاده را به‌خوبی نمایان می‌سازد. در واقع این تابع اجازه می‌دهد که به‌سادگی نوع بازده به مقیاس، کارایی عوامل تولید، کشش جانشینی نهاده‌ها و کشش تولید آن‌ها تعیین شود. محدودیت اصلی این تابع این است که تنها ناحیه دوم تولیدی را برای هر نهاده نشان می‌دهد و قادر به تبیین هر سه ناحیه از تابع تولید نیست. از آنجایی که تولید نفت و گاز همواره در ناحیه دوم صورت می‌پذیرد، اشکال وارده بر فرم تبعی کابداگلاس در استفاده از این تابع برای تولید نفت، مسئله‌ساز نمی‌باشد (Uzhegov, 2011). تابع تولید نفت و گاز به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Q_t = \text{Tech}_t^{\alpha_1} R_t (Z_t)^{-\alpha_2} \quad (1)$$

در این رابطه Q_t میزان تولید نفت، Z_t تولید انباشته نفت، R_t ذخیره مخزن و Tech_t نمایانگر اثر تکنولوژی و بهبود آن در فرآیند تولید و استخراج نفت می‌باشد.

$$Z_t = \sum_{s=0}^{t-1} Q_s \quad (2)$$

سطح تکنولوژی تابعی از تعداد تکنولوژی، میزان حفاری و فعالیت‌های اکتشافی و زمین‌شناسی در نظر گرفته می‌شود.

$$\text{Tech}_t = N_t^{\frac{1}{\phi}} D_t^{\beta_1} G_t^{\beta_2} \quad (3)$$

در رابطه فوق N_t تعداد تجمعی تکنولوژی در بخش نفت، D_t میزان حفاری انجام شده در هر سال و G_t فعالیت‌های زمین‌شناسی و اکتشافی انجام شده در هر دوره است. با جایگذاری رابطه Tech_t در تابع تولید رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$Q_t = (N_t^{\frac{1}{\phi}} D_t^{\beta_1} G_t^{\beta_2})^{\alpha_1} R_t (Z_t)^{-\alpha_2} \quad (4)$$

با توجه به رابطه تولید فوق و با اعمال قید هزینه، تابع هزینه توسعه و استخراج نفت و گاز به صورت زیر می‌شود:

$$C_t = A \cdot P_{Dt}^{Y_1/r} \cdot P_{Gt}^{Y_2/r} \cdot N_t^{-\alpha_1/\phi r} \cdot Q_t^{1/r} Z_t^{\alpha_2/r} \quad (5)$$

C_t کل هزینه تولید نفت خام، P_D هزینه فعالیت حفاری و P_G هزینه فعالیت‌های اکتشاف و A تابعی از ذخایر و سایر پارامترهای تابع تولید می‌باشد. در رابطه فوق پارامتر r مثبت می‌باشد.

$$r = Y_1 + Y_2 \quad (6)$$

اگر $P_t = P_{Dt}^{Y_1/r} \cdot P_{Gt}^{Y_2/r}$ در نظر گرفته شود با تقسیم طرفین تابع هزینه بر قیمت و تولید، تابع هزینه متوسط واقعی^۱ به دست خواهد آمد.

$$\left(\frac{C}{PQ}\right)_t = A \cdot N_t^{-\alpha_1/\phi r} \cdot Q_t^{1-r/r} Z_t^{\alpha_2/r} \quad (7)$$

با لگاریتم‌گیری از طرفین تابع هزینه متوسط واقعی به شکل زیر حاصل خواهد شد.

$$\ln\left(\frac{C}{PQ}\right)_t = \ln A - \alpha_1/\phi r \ln(N) + \alpha_2/r \ln(Z_t) + (1-r)/r \ln Q_t \quad (8)$$

۴- یافته‌های تحقیق

با توجه به تابع هزینه متوسط تولید نفت که در فوق ذکر شد و تصریح آن برای بخش نفت و گاز ایران، رابطه ذیل برای دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۴۶ تخمین زده شده است.

$$\ln\left(\frac{C}{PQ}\right)_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Tech}_t + \beta_2 \ln Q_t + \beta_3 \ln(Z_t) + \varepsilon_t \quad (9)$$

C_t - کل هزینه‌های مربوط به فعالیت‌های بخش بالادستی (اکتشاف، توسعه و استخراج) در ایران

P_t - شاخص قیمت بخش نفت

Q_t - مقدار تولید حاصل از فعالیت‌های اکتشاف، توسعه و استخراج در ایران

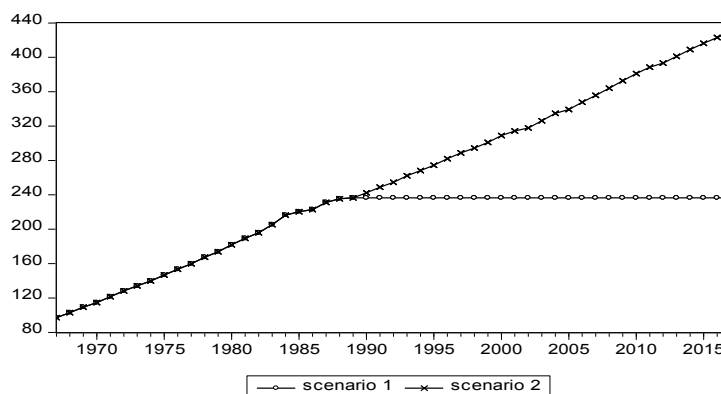
Tech_t - سطح تکنولوژی بکار رفته در بخش بالادستی در دنیا

Z_t - اثر تخلیه سازی در ایران

از آنجایی که بهبود تکنولوژی سبب کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد، انتظار می‌رود که علامت β_1 منفی باشد. اگر بازدهی ثابت نسبت به مقیاس وجود داشته باشد، β_2 صفر و اگر بازدهی کاهنده باشد β_2 مثبت و اگر بازدهی نسبت به مقیاس فزاینده باشد، β_2 منفی خواهد بود. β_3 نیز باید مثبت باشد تا بتواند اثر تخلیه‌سازی را روی هزینه‌های تولید به‌درستی نشان دهد.

شبیه‌سازی

به‌منظور نشان دادن اهمیت تکنولوژی در ارتقاء بخش نفت و گاز از یک رویکرد شبیه‌سازی ساده استفاده شده است. بدین مفهوم که رفتار هزینه‌ای تولید در بخش بالادستی در دو سناریو مورد بررسی قرار گرفته است. در سناریوی اول، شرایط موجود در ورود تکنولوژی به بخش نفت و گاز ایران در نظر گرفته شده و در سناریوی دوم فرض شده که انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی در ایران همگام با دنیا بوده است.



نمودار ۸. روند سطح تکنولوژی در بخش بالادستی در سناریوی اول و دوم

منبع: یافته‌های تحقیق

به‌دلیل مشکل درون‌زایی، معادله ۹ با استفاده از روش متغیر ابزاری، تخمین زده شده است. در تخمین از متغیر موهومی^۱ برای سال ۱۹۷۶ (۱۳۵۵) استفاده شده چرا که در این سال به علت افزایش زیاد قیمت نفت خام، سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی از رشد زیادی برخوردار بوده است. نتایج تخمین در سناریوی دوم (ورود تکنولوژی روز دنیا به بخش بالادستی ایران) از نظر آماری مورد تأیید نبود و متغیر تکنولوژی طی دوره

1. Dummy variable

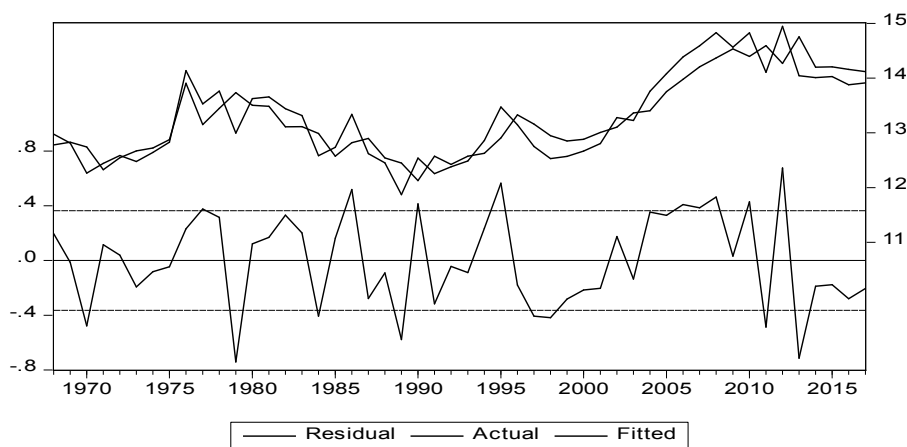
مورد مطالعه بی‌معنا شده است. دیده شد که متغیر تکنولوژی تا سال ۱۳۶۹ دارای اثر معنادار بر هزینه متوسط تولید بوده چرا که تا این سال روند انتشار تکنولوژی در بالادستی نفت و گاز در ایران همگام با دنیا بوده و بعد از این سال تابع هزینه متوسط تولید نفت هیچ‌گونه تأثیر معناداری از تکنولوژی نمی‌پذیرد و از این سال به بعد ورود تکنولوژی‌های روز دنیا به ایران محدود شده است. به همین منظور در سناریوی اول، متغیر تکنولوژی از سال ۱۳۶۹ به بعد ثابت در نظر گرفته شده است. نتایج تخمین در این سناریو در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. نتایج تخمین رابطه هزینه متوسط تولید نفت و گاز در ایران

GLS		IV		متغیر
آماره t	ضریب	آماره t	ضریب	
-۳.۹۱	-۰.۰۱	-۳.۶۰	-۵.۸۷	lnTech _t
-۱.۶۸	-۰.۰۶۱	-۱.۹۶	-۰.۰۶	lnQ _t
۵.۲۱	۲.۸۸	۴.۸۴	۲.۸۷	ln Z _t
۲.۸۴	۱.۰۳	۳.۲۷	۱.۰۲	dum1976
۳.۶۲	۱۹.۰۷	۴.۰۳	۱۸.۹۹	C
۴.۴۷	۰.۰۶۰	۴.۹۹	۰.۰۶۱	AR(1)
۰.۸۱		۰.۸۱		R ²
۲.۰۵		۲.۰۷		Durbin-Watson stat
۰.۳۶		۰.۳۶		S.E. of regression
۰.۷۸		۰.۷۸		S.D. of dependent variable
		۱.۸۸		J-statistic
		۰.۵۹		Prob(J-statistic)
Residual Diagnostics				
1.24 - Prob=0.53		1.33 - Prob= 0.5		Jarque – Bera statistic
F=0.85 - Prob=0.35		F=0.8 - Prob= 0.37		Heteroscedasticity test ARCH
		F=1.96 - Prob=0.37		LM test (Breusch-Godfrey)
Stability Diagnostics				
0.18 - Prob=0.66				F-statistic (1,43)
0.66 - Prob=0.41				Likelihood ratio

منبع: یافته‌های تحقیق

همان طور که در جدول ۱ ملاحظه می شود کلیه آزمون ها برای بررسی عدم وجود خودهمبستگی (LM test)، واریانس ناهمسانی (Heteroscedasticity test ARCH)، نرمال بودن توزیع پسماندها (Jarque – Bera) و آزمون رمزی برای بررسی ثبات و پایداری ضرایب انجام شده است. همچنین به منظور بررسی ابزارهای انتخابی برای تخمین در روش IV از آزمون سارگان استفاده شده و نتایج در جدول ذکر شده است.



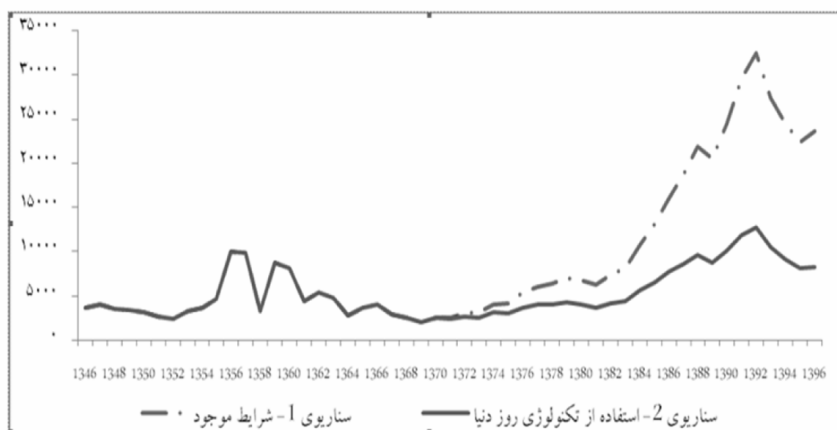
نمودار ۹. روند مقادیر واقعی و برآورد شده برای هزینه متوسط تولید نفت و گاز در ایران

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج نشان می دهند که کلیه ضرایب تخمینی، معنادار و علامت‌ها موافق با تئوری می باشند. علامت متغیر اثر تخلیه سازی مثبت و مطابق با تئوری می باشد چرا که افزایش در تخلیه مخزن موجب افزایش در هزینه متوسط تولید می گردد. یک درصد افزایش در تولید تجمعی نفت و گاز باعث می شود تا متوسط هزینه تولید ۲.۸۷ درصد افزایش یابد. از آنجایی که تغییرات تولید تجمعی بیانگر اثر تخلیه سازی و افت تولید است، می توان گفت که یک درصد تخلیه منابع نفتی و گازی در ایران هزینه متوسط تولید را ۲.۸۷ درصد افزایش می دهد. ضریب متغیر تولید نفت و گاز نیز همان گونه انتظار می رفت منفی شده (بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس) و برابر با ۰.۶ است. به عبارت دیگر افزایش هر واحد تولید نفت و گاز، ۰.۶ واحد هزینه متوسط تولید را کاهش می دهد.

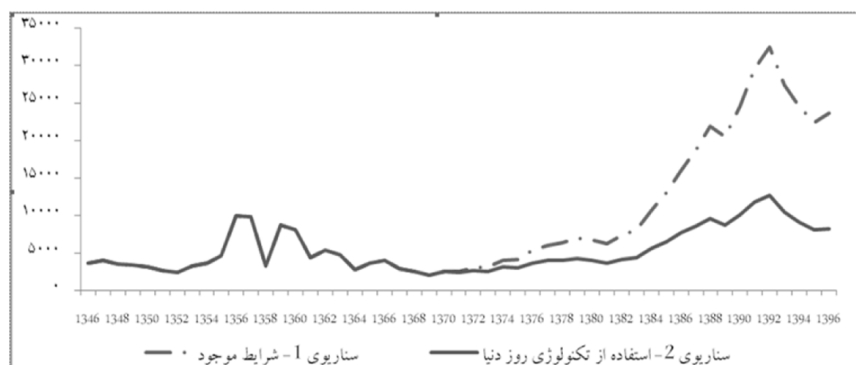
ضریب مربوط به متغیر تکنولوژی منفی و برابر با ۵.۸۷ می‌باشد و نشان‌دهنده اثر بزرگ تکنولوژی بر کاهش هزینه متوسط تولید است.

در نمودار ۱۰ روند هزینه متوسط تولید نفت و گاز در بخش بالادستی در شرایط موجود و در حالتی که اگر از تکنولوژی روز دنیا استفاده می‌شد، نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود روند هزینه متوسط تولید نفت و گاز در ایران در شرایطی که تکنولوژی از سال ۱۳۶۹ به بعد در بخش بالادستی منتشر نشده، به‌طور قابل توجهی بالاتر از حالتی است که اگر تکنولوژی منتشر می‌شد. بنابراین بهره‌مندی از تکنولوژی روز دنیا از سال ۱۳۶۹ به بعد می‌توانست هزینه‌های تولید را به‌صورت قابل توجهی کاهش دهد.



نمودار ۱۰. مقایسه روند هزینه متوسط تولید نفت و گاز در دو سناریوی بررسی شده (ریال در بشکه)
منبع: یافته‌های تحقیق

در نمودار ۱۱ شکاف بین هزینه متوسط تولید در شرایط موجود و روند هزینه متوسط با فرض استفاده از تکنولوژی روز دنیا نشان داده شده است. این روند از سال ۱۳۷۱ به بعد صعودی بوده و از سال ۱۳۸۳ شتاب بسیاری پیدا کرده است، چرا که از این سال سرمایه‌گذاری واقعی در شرکت ملی نفت ایران افزایش بسیار زیادی داشته اما افزایش تولید نفت و گاز متناسب با آن نبوده است.



نمودار ۱۱. روند شکاف بین هزینه متوسط فعلی و شبیه‌سازی آن (ریال در بشکه)

منبع: یافته‌های تحقیق

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با نگاهی به روند تولید نفت و گاز در دنیا می‌توان دید از اواسط قرن نوزدهم که تکنولوژی‌های کاربردی در صنعت نفت اعم از تکنولوژی‌های حفاری، لرزه‌نگاری و پردازش‌های دیجیتال داده‌ها جهش حیرت‌آوری داشتند، فرآیند اکتشاف، توسعه و استخراج نفت و گاز، بهبود قابل توجهی یافته است. بنابراین با به‌کارگیری تجهیزات مدرن و پیشرفته، تولید در کوتاه‌مدت افزایش و هزینه تولید هر بشکه نفت خام کاهش می‌یابد و در نتیجه بهره‌وری افزایش خواهد داشت. در مقابل، در فرآیند تولید از میادین نفتی پدیده‌ای به‌نام اثر تخلیه وجود دارد که سبب می‌شود تا از حجم تولید به مرور زمان کاسته شود و هزینه استخراج و بهره‌برداری از میادین در طی دوره، روندی افزایشی پیدا کند، به‌طوری‌که هزینه بهره‌برداری و تولید از میادینی که در نیمه دوم عمر خود هستند بسیار بیشتر می‌باشد.

در این مطالعه تلاش شده تا اثر پیشرفت‌های تکنولوژی و اثر تخلیه‌سازی بر هزینه متوسط تولید بررسی شود و نشان داده شود که روند انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی نفت در ایران چگونه بوده است. به همین منظور در ابتدا، روند انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی در دنیا محاسبه شده است. برای محاسبه این روند، پس از بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه و بر اساس شواهد تجربی موجود، متغیرهایی

که بیشترین نقش را در گسترش تکنولوژی در فعالیتهای اکتشاف، توسعه و استخراج داشته، انتخاب شدند. سپس با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی، روند انتشار تکنولوژی در بخش بالادستی استخراج شد و با محاسبه مقدار تجمیع شده انتشار تکنولوژی در هر سال، سطح تکنولوژی در همان سال مشخص شد. در مرحله بعد با استفاده از روش متغیرهای ابزاری، اثر تکنولوژی و اثر تخلیه مخزن بر هزینه متوسط تولید در بخش بالادستی ایران برای دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۴۶ بررسی شد. نتایج تخمین نشان داد که متغیر تکنولوژی در دوره زمانی مورد مطالعه به لحاظ آماری، معنادار نمی‌باشد و تابع هزینه متوسط تولید از سال ۱۳۶۸ به بعد هیچ‌گونه تأثیر معناداری از تکنولوژی نمی‌پذیرد، چرا که از اواخر دهه ۶۰ شمسی به دلایل متعددی مانند جنگ، اعمال تحریم‌های اقتصادی علیه ایران، مشکلات مربوط به انعقاد قراردادهای نفتی و غیره، انتقال تکنولوژی‌های روز دنیا به بخش بالادستی ایران محدود بوده است. قراردادهای نفتی در ایران بعد از انقلاب اسلامی از نوع بیع متقابل^۱ بوده و یکی از محدودیت‌های این نوع قراردادها، موضوع انتقال تکنولوژی می‌باشد. از آنجایی که در این نوع قراردادها، کنترل تولید و بهره‌برداری در دست کشور میزبان می‌باشد، طرف خارجی حاضر به استفاده از تکنولوژی برتر نمی‌باشد. در انتها، مقایسه‌ای میان هزینه متوسط تولید در شرایط فعلی و شرایط ایده‌آل (استفاده از تکنولوژی روز دنیا) صورت گرفته است. اختلاف میان این دو حالت محاسبه شده و نشان داده شده که روند شکاف میان این دو حالت، افزایشی است و از سال ۱۳۸۳ به بعد شتاب بسیار بیشتری پیدا کرده است.

منابع

ابراهیمی، سید نصراله، خوش‌چهره، فاطمه (۱۳۹۴). مفاهیم استفاده، انتقال و توسعه تکنولوژی در صنایع بالادستی نفت و گاز ایران، فصلنامه حقوق پزشکی، شماره ۹، صص ۶۵-۱۰۲.

1. Buy back



عزیزی، مجتبی، صبحیه، محمدحسین، بمانیان، علیرضا (۱۳۸۶). جایگاه و اهمیت انتقال تکنولوژی در صنعت نفت کشور، فصلنامه مدیریت پروژه، شماره ۶، صص ۲۳-۱۴.

عسلی، مهدی، خیابانی، ناصر، وافی نجار، داریوش (۱۳۸۴). تاثیر بهبود فناوری تولید بر ارتقا بهره‌وری در فعالیتهای بالادستی صنعت نفت، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۶، صص ۲۱-۲.

مرادی، مسلم (۱۳۹۶). بررسی وضعیت افزایش ضریب بازیافت و ازدیاد برداشت در میدین نفتی ایران، ماهنامه علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۴۵، صص ۳۵-۲۸.

مطهری، سید مهدیا (۱۳۹۵). رهیافتی نو به ماهیت و سطوح فن‌آوری در بخش بالادستی نفت و گاز، ماهنامه علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۳۴، صص ۴۰-۳۱.

نوروزی، محمد، امانی، مسعود، گودرزی، غلامرضا (۱۳۹۶). بررسی موانع انتقال و توسعه فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۵۲، صص ۲۱۵-۱۸۱.

John T. Cuddington (2001), "finding costs in the U. S. petroleum industry: assessing the opposing effects of technological change and depletion"

Douglas R. Bohi (1984), "analyzing nonrenewable resource supply", Washington D. C., resources for the future

Robert K. Perrons (2014), "how innovation and R&D happen in the upstream oil & gas industry: insights from a global survey", journal of petroleum science and engineering

Neal, Bell, Hansen (2007), "oil and gas technology development", national petroleum council

Lars Lindholt (2015), The tug-of-war between resource depletion and technological change in the global oil industry 1981-2009, Journal of international money and finance, vol 93.

John T. Cuddington and Diana L. Moss (2001), "technological change, depletion and the U. S. petroleum industry" American economic association, vol 91

Phil Hart (2008), "how technology increases oil production", journal of petroleum technology

Lars Lindholt (2013), "the tug-of-war between resource depletion and technological change in the global oil industry 1983-2009" Discussion Papers 732, Statistics Norway.

Fagan, M. (1997), "Resource depletion and technical change: Effects on U. S. crude oil finding costs from 1977 to 1994", energy journal 18 (4), 91-105 .

Forbes and Zampelli (2000), "technology and the exploratory success rate in the U. S. offshore", the energy journal 21(1), 109-120 .

Jeff Thurston (2004), "sources of innovation in the upstream oil and gas industry: demand pull and technology push", E&D technology diffusion, volume 16 .

Luiz Fernando leite (2015) "Developing a technology readiness assessment methodology for an energy company", international association for management of technology

Patric O'Brien (2017), "Technology innovation in upstream oil and gas", Industry Technology Faciliator

Alberto F. Marsala (2008), "Metrics for economic evaluation of innovative technologies in the oil industry", SPE International

Jai Persaud (2007), "Innovation and performance: the case of the upstream petroleum sector", Phd thesis, Carleton university

Sergey Uzhegov (2011), "theoretical and empirical applications of petroleum production function framework for analysis of the phenomenon of plenty", BEH(business and economic horizons)

Calculation Technology Diffusion in Upstream and It's Effect on the Cost of Oil and Gas Production in Iran

Niloofar Babaie

Ph.D Student of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran, Babaieniloofar11@gmail.com

Ali Asghar Esmaeel Nia¹

Assistant Professor of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran, aeketabi@gmail.com

Marjan Daman Keshideh

Assistant Professor of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran, Mar.daman_keshideh@iauctb.ac.ir

Ghodratollah Emamverdi

Assistant Professor of Economics, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran, ghemamverdi@iauctb.ac.ir

Received: 2018/09/03 Accepted: 2018/12/31

Abstract

In this study, the impact of technological improvement and depletion in upstream sector on the average cost of oil and gas production in Iran is studied in 1967-2017. For this purpose, global technology diffusion trend is calculated, so five variables that have had the most effect on global upstream is considered. Using acquired trend for technology and taking other related determinants into account, average cost function for oil and gas production is estimated.

Results show that technology variable has been an important and impressive variable in decreasing average cost until mid-1980s. One of the reasons has been the alignment of technology diffusion trend in upstream with the world up to year 1989. In other words, results show that there are no meaningful relation between cost alternation and the level of technology in upstream during 1989 to 2017 due to different reasons include: politics, war, sanctions, problems related to oil contracts and not enough attention to technology transfer. Entrance of world new technologies in Iran upstream sector has been limited and uncomplete and as a result EDP process has been slow and despite increasing real investment, average production cost has had increasing trend. Finally a simple simulation approach is considered and production cost function is compared in two scenarios. By comparing these two scenarios it is learned that the average cost in Iran could be considerably lower and efficiency could be much higher than now.

JEL Classification: L71, Q49, D24, O33

Key words: technology diffusion, depletion effect, upstream, cost production of oil and gas

1. Corresponding Author