

تعیین میزان استخراج بهینه از مخازن نفتی و گازی در پروژه‌های بالادستی (با رویکرد منطق فازی)

معصومه دادگر، کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، ویدا ورهرامی، استادیار اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

امروزه انرژی مورد استفاده در صنایع بزرگ و به خصوص صنایع تعیین کننده در پیشرفت و توسعه یک کشور، از منابع فسیلی بالاخص نفت و گاز تامین می‌شود. پراکندگی این منابع در نقاط مختلف جهان به طور یکسان و منظم نیست. ایران به عنوان کشوری که دارای منابع گسترده نفت و گاز است، می‌تواند نقشی موثر و مفیدی در صحنه بازار جهانی انرژی بازی کند. از این رو نیاز است تا مدیریت و برنامه‌ریزی لازم برای استخراج و برداشت این منابع انجام شود. در این مطالعه براساس دو متغیر قیمت و اندازه ذخایر دو منبع گاز و نفت به ترتیب طی سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۱۵ و ۱۹۸۰-۲۰۱۵، با استفاده از روش منطق فازی مقدار بهینه استخراج نفت و گاز در هر سال استخراج شد. نتایج به دست آمده نشان داد که به طور متوسط مقدار تولید بهینه نفت طی این دوره از مقدار بهینه گاز بیشتر بوده که دلیل عمده آن به صرفه بودن تولید نفت است.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۱۰/۲۶

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۱۲/۱۷

واژگان کلیدی:

تولید نفت، تولید گاز، منطق فازی،

بهینه‌یابی

مقدمه

به سال ۲۰۱۶ افزایش یابد و به ۹۵/۸۱ میلیون بشکه در روز برسد. انواع انرژی شامل نفت، گاز، زغال سنگ، هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر هر کدام زنجیره عرضه چون اکتشاف، تولید، انتقال و حمل و نقل دارند و به سبب مخاطرات بالا در بخش انرژی، بدون سرمایه‌گذاری‌های لازم، امنیت عرضه، رشد اقتصاد جهانی و یکپارچگی زیست‌محیطی در معرض خطر قرار می‌گیرد. [۱۵] به طور معمول افزایش قیمت نفت سوالاتی را در مورد کافی بودن سرمایه‌گذاری در بخش نفت و گاز ایجاد می‌کند. طبق آخرین گزارش منتشر شده اوپک در سال ۲۰۱۷، قیمت نفت خام در هر بشکه به ۴۰/۵۲ دلار رسیده که این مقدار نسبت به سال ۲۰۱۶ افزایش ۶/۸۸ دلاری داشته است. تغییرات قیمت نفت خام از یک سو بستگی به موقعیت سیاسی و از سوی دیگر بستگی به عرضه و تقاضای جهانی نفت دارد. از طرفی به دلیل دسترسی کامل همه شرکت‌ها به ذخایر نفت و گاز، درصد این ذخایر در جهان طی چند دهه گذشته کاهش یافته و ادامه این روند با نگرانی همراه است. این شرکت‌ها با تمام اطلاعاتی که در زمینه زمین‌شناسی و ژئوفیزیک دارند، به برداشت فزاینده‌ای از این ذخایر می‌پردازند و پیشرفت تکنولوژی تا حدود زیادی می‌تواند به افزایش عرضه نفت و گاز کمک کند. ظرفیت‌سازی در حال افزایش تولیدکنندگان نفت در اقتصادهای در حال ظهور (هر چند بازیکنان کوچک در سطح جهانی هستند) می‌تواند عامل مهمی در کنترل مستقل و همچنین مدیریت صحیح منابع نفتی باشد.

اهمیت انرژی به لحاظ خردی و تاثیرگذاری در تابع مطلوبیت و به لحاظ کلان و وارد شدن در تابع تولید، به عنوان یک عامل تولید مدنظر است. به علاوه انرژی در سطح ملی دارای اهمیت خاصی است. هنگام وقوع شوک‌های نفتی، صادرکنندگان انرژی از پیامدهای اقتصادی افزایش نابه‌هنگام درآمدهای نفتی رنج می‌برند و اقتصاد کشورهای صادرکننده انرژی درگیر بیماری هلندی می‌شود. (استیونس، ۱۳۹۰، ۳۰) با این وجود امروزه بخش بزرگی از انرژی مورد نیاز جهان از سوخت‌های فسیلی تامین می‌شود. مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت و گاز، نیازمند تامین منابع عرضه است. در حال حاضر بخش عمده گاز و نفت مورد نیاز تقاضای جهانی از منطقه خاورمیانه به عنوان بزرگترین مالک ذخایر نفت و گاز جهان تامین می‌شود. با گذر زمان به تعداد میادین نفتی و گازی کشف شده و میزان ذخایر نفت و گاز اثبات شده افزوده شده و این مسئله از یک سو باعث کاهش ارزش آنها و برداشت بی‌رویه این منابع شده است.

با وجود اینکه مصرف انرژی در آینده به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد رفت، ولی هنوز نقش نفت و گاز در ترکیب مصرفی انرژی در جهان حفظ خواهد شد. گزارش ۲۰۱۴ اوپک از نفت جهانی نشان می‌دهد که جهان در ۲۵ سال آینده به ۲۱ میلیون بشکه نفت، مازاد کنونی جهت پاسخگویی به تقاضای نیاز خواهد داشت. بر طبق آخرین آمار اوپک پیش‌بینی می‌شود که تقاضای جهانی نفت در سال ۲۰۱۷ برابر ۱/۱۹ میلیون بشکه در روز نسبت

یا هاتلینگ شهرت دارد، در نقطه بهینه استخراج، درصد تغییرات تفاضل قیمت و هزینه نهایی ما بین دو دوره متوالی یا رشد تفاضل قیمت برابر با نرخ بهره است. با توجه به مباحث گفته شده، مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده که می‌توان به دو دسته خارجی و داخلی تقسیم کرد.

۲- پیشینه پژوهش

۱-۲ مطالعات داخلی

حاج میرزایی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای تحت عنوان "مسیر بهینه استخراج از مخازن نفتی با وجود بکارگیری چارچوب قراردادی بیع متقابل" به بررسی مسیر بهینه تولید (استخراج) یک مخزن نفتی در حال بهره‌برداری واقع در حوزه خلیج فارس با استفاده از سیستم بهینه‌سازی پویا به روش عددی بلمن پرداختند و اعتقاد دارند که منظور نمودن همزمان اصول فنی بهره‌برداری و پارامترهای اقتصادی در تابع تصمیم‌گیری در مورد مقدار تولید از مخزن در طول عمر آن، مفهوم الگوی بهره‌برداری بهینه از مخزن را شکل می‌دهد. براین اساس به دلیل تعیین مدل توسعه مخزن، تعهدات کاری پیمانکار و سقف هزینه‌های سرمایه‌ای مورد نیاز طرح و پروفایل تولیدی مخزن قبل از امضای قرارداد از یک سو و عدم امکان انعطاف‌پذیری آنها در مقابل رفتار واقعی مخزن، امکانات واقعی در اختیار بهره‌بردار جهت اجرای مدل توسعه پیشنهادی پیمانکار و تغییر شرایط بازار، عملاً امکان برنامه‌ریزی بهینه تولید در چارچوب قراردادی بیع متقابل وجود نخواهد داشت. همچنین مسیر بهینه تولید ترسیم شده توسط مدل با فرض گزینه‌های متفاوت روند قیمت‌های انتظاری و نرخ تنزیل، با مسیر تولید مشخص شده در قرارداد و مقادیر واقعی تولید متفاوت است. عسکری و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود با عنوان "الگوی تولید بهینه نفت خام مبتنی بر قرارداد بیع متقابل" با استفاده از روش کنترل بهینه «گرادیان تعمیم یافته» الگوی تولید بهینه نفت خام از میدان هیدروکربوری فروزان را در چارچوب قرارداد بیع متقابل طی دوره ۲۰۲۷-۲۰۲۰ محاسبه کردند. این مطالعه بر منطق حداکثرسازی ارزش فعلی خالص عایدات میدان استوار است و با در نظر گرفتن سه وضعیت برای قیمت بالا، قیمت مرجع و قیمت پایین، عوامل موثر مختلفی را برای تولید بهینه نفت از این میدان مطرح می‌کند.

۱- با در نظر گرفتن قیمت بالا، تولیدکننده به دلیل انتظار قیمت بالاتر تمایل دارد تولید از میدان را به تاخیر بیندازد. بنابراین تولید

نظارت عمومی بر مدیریت ثروت نفت و گاز به حمایت هر چه بیشتر بر عملکرد کارآمد بخش انرژی و سود تولید در دراز مدت کمک خواهد کرد [۱۹].

هدف از نوشتار این مطالعه، دستیابی به میزان استخراج بهینه نفت و گاز از مخازن فعال، به منظور تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع مالی و اعتبارات اعطایی به پروژه‌های استخراج و حفاری نفت و گاز کشور به صورت کارا است. این مطالعه به دنبال ارائه راهکاری برای مدیریت بهره‌برداری از مخازن نفتی و گازی است و بدین منظور با استفاده از رویکرد منطق فازی با قابلیت استفاده از تمامی اطلاعات کیفی و کمی می‌توان به این هدف رسید. دستیابی به میزان بهینه استخراج از مخازن نفت و گاز کشور، به سیاستگذاران انرژی کمک می‌کند که منابع مالی خود را درست و بهینه تخصیص دهند. تعیین میزان بهینه استخراج سالانه از میادین نفتی و گازی در حال بهره‌برداری ایران، گامی برای استفاده بهینه و درست منابع طبیعی تجدیدناپذیر و خدادادی از جمله نفت و گاز است.

در این مطالعه در بخش دوم به بیان مبانی نظری، در بخش سوم پیشینه تحقیق، در بخش چهارم مروری بر وضعیت ذخایر نفت و گاز ایران، در بخش پنجم معرفی مدل و تحلیل نتایج تخمین و در بخش ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادها ارائه شده است.

۱- مبانی نظری

نفت و گاز دو کالای فوق‌العاده مهم است و سرمایه‌گذاران به طور مستمر به دنبال روش‌هایی برای پیش‌بینی قیمت آینده این منابع غیر قابل تجدید هستند. در سال ۱۹۳۱، هارولد هاتلینگ مقاله‌ای با عنوان "اقتصاد منابع پایان‌پذیر" نوشت که نشان می‌دهد که منابع تمام شدنی باید به عنوان یک دارایی در نظر گرفته شوند و برای رقابت با سایر دارایی‌ها باید روشی سیستماتیک برای پیش‌بینی قیمت این دارایی‌ها وجود داشته باشد. اگر استخراج را طی دوره‌های زمانی t و $t+1$ در نظر بگیریم، با توجه به مطلب فوق می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{(1+r)^t} [P - C(q_t)] = \frac{1}{(1+r)^{t+1}} [P - C(q_{t+1})] \Rightarrow \frac{[P - C(q_{t+1})] - [P - C(q_t)]}{P - C(q_t)} = r \quad (1)$$

در معادله ۱- متغیر P بیانگر قیمت منبع پایان‌پذیر، q_t میزان استخراج در زمان t ، $C'(q_t)$ هزینه آخرین واحد استخراج، r نرخ بهره و $\frac{1}{1+r}$ عامل تنزیل است. معادله ۱- که به شرط جریان

در وضعیت قیمت بالا با اختلاف زمانی نسبت به دو وضعیت قیمت مرجع و قیمت پایین آغاز می‌شود.

۲- با توجه به منطبق حداکثرسازی ارزش فعلی خالص عایدات میدان، در حالت قیمت بالا سطح تولید بالاتر از دو حالت قیمت پایین و مرجع دارد.

۳- با کاهش عامل تنزیل (افزایش نرخ بهره)، به دلیل بالا رفتن ارزش تولید نسبت به حفظ ذخایر، در هر سه حالت تولید افزایش می‌یابد.

۴- با افزایش نرخ تخلیه میدان و به عبارتی کاهش محدودیت فنی تولید، تولید در هر سه حالت افزایش می‌یابد.

۵- سطح تولید پیشنهادی پیمانکار این میدان در بازه زمانی بهره‌برداری، بالاتر از سطح بهینه بوده و این موضوع مطابق با اصول صیانتی تولید نیست.

پاشاکلائی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله‌ای تحت عنوان "الگوی بهره‌برداری بهینه از میادین نفتی" از مدل کنترل بهینه جهت حداکثرسازی سود تنزیل شده و نرخ کارا، با منظور داشتن محدودیت‌های فنی تولید استفاده کردند. نتیجه این مطالعه نشان دهنده افزایش هزینه تولید میدان با کاهش ذخایر باقیمانده است. همچنین بهره‌برداری بهینه به نرخ تنزیل وابسته است و با افزایش وابستگی دولت به درآمدهای نفتی، برداشت از میدان نفتی نیز نامتوازن تر می‌شود. نتایج این مطالعه، معادله معکوس بین ذخایر باقیمانده و هزینه تولید را نشان می‌دهد و برای هر میدان نفتی تابع هزینه با ضرایب متفاوتی قائل است. همچنین نتایج تولید بهینه بین دوره‌ای را وابسته به تابع هزینه می‌داند.

احمدیان و ورهرامی (۱۳۹۲) در مقاله خود با عنوان "دستیابی به مسیر بهینه استخراج از مخزن فراساحلی پارس جنوبی" به مدل‌سازی مسیر بهینه مخزن مذکور در بازار رقابتی و انحصاری طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۳۱ می‌پردازند. نتیجه این پژوهش تاثیر معنادار قیمت دوره قبل و میزان ذخایر در تعیین مسیر بهینه استخراج و قیمت منابع پایان‌پذیر را نشان می‌دهد. همچنین لازمه بهبود مسیر بهینه استخراج را استفاده از منابع مالی داخلی و همچنین جذب سرمایه‌های خارجی می‌داند.

طاهری فرد (۱۳۸۹) در مقاله خود با عنوان "بررسی آثار ساختار اقتصادی قراردادهای مشارکت در تولید بر تولید نفت" با معرفی نرخ بهره مالکانه، نفت هزینه‌ای^۲، تسهیم نفت منفعتی^۳ و مالیات بر سود به عنوان مهمترین مؤلفه‌های اقتصادی قراردادهای مشارکت در تولید^۴، مؤلفه اقتصادی نفت هزینه‌ای را به عنوان مهمترین

مؤلفه اقتصادی در تولید نفت بیان می‌کند که میزان تأثیرگذاری سایر مؤلفه‌های اقتصادی قراردادهای مشارکت در تولید بر تولید نفت، به میزان آن مؤلفه و مقدار سایر مؤلفه‌ها بستگی دارد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اگر رشد قیمت نفت از نرخ بهره بی‌تر باشد، افزایش دو مؤلفه نرخ بهره مالکانه و مالیات بر سود موجب کاهش تولید نفت خواهد شد و افزایش دو مؤلفه نفت هزینه‌ای و تسهیم نفت منفعتی، تولید نفت را افزایش خواهد داد. ابهام در تولید نفت زمانی پیش می‌آید که رشد قیمت نفت از نرخ بهره کمتر باشد، زیرا نرخ بهره نشان دهنده هزینه فرصت سرمایه‌گذاری در صنعت نفت برای شرکت‌های بین‌المللی نفتی است و اگر هزینه فرصت سرمایه‌گذاری برای تولید نفت برای این شرکت‌ها افزایش یابد، حتی با افزایش سهم شرکت‌های بین‌المللی نفتی از درآمدهای حاصل از میدان، ممکن است این شرکت‌ها تصمیم به کاهش تولید نفت بگیرند. نتیجه‌گیری نهایی این مطالعه افزایش سهم شرکت‌های بین‌المللی نفتی از درآمدهای حاصل از میدان نفتی جهت تشویق آنها برای سرمایه‌گذاری در مرحله بازیافت ثانویه است.

احمدی و معتمدی (۱۳۸۸) در مطالعه خود با عنوان "بهینه‌یابی پویای تولید نفت در ایران" به بررسی مسیر بهینه تولید در میدان نفتی هفتگل به عنوان نمونه‌ای از میادین نفتی برای دوره ۱۳۶۵-۱۴۲۵ با استفاده از یک مدل ماکزیم‌سازی منافع با قیود پرداختند. در این مطالعه در چند سناریو با اختلاف نرخ تنزیل و دوره برنامه‌ریزی در آنها، مسیرهای بهینه تولید نفت و تزریق گاز فاصله قابل توجهی با مقادیر تحقق یافته دارد و این نوعی نامتناسب بودن برنامه‌ریزی اقتصادی جهت استخراج از میادین نفتی را نشان می‌دهد.

۲-۲- مطالعات خارجی

آرندو و همکاران^۵ (۲۰۱۶) در مطالعه خود با عنوان "برنامه‌ریزی بهینه و توسعه زیرساخت برای تولید گاز شیل" به وسیله یک رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی و با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو جهت بیان نوسانات عرضه و تقاضای گاز در بورگوس - در شمال شرق مکزیک -، به بیان یک رابطه منطقی بین برنامه‌ریزی بهینه برای بهره‌برداری از گاز شیل و همچنین توسعه زیرساخت‌ها در مکان‌های بدون زیرساخت پرداختند و بیان داشتند که بهره‌برداری از طرح‌های جدید تولید گاز، به تامین تقاضای گاز ملی منجر می‌شود. سیکلس و هاردلی^۶ (۲۰۱۵) در مقاله خود تحت عنوان "مدل بهینه پویای

انباشتی بعنوان تابع هدف بهره‌بردار و در چارچوب محدودیت‌های فنی و قراردادی به ارزیابی چارچوب قراردادی بیع متقابل از این دیدگاه پرداختند. روش مورد استفاده در این مقاله، تعریف مسئله کنترل بهینه پویا در این دو میدان و حل آن به روش عددی بلمن با فرض قیمت‌پذیر بودن بهره‌بردار و تعیین آن بصورت برونزا است. نرخ تنزیل مناسب برای بهره‌بردار نرخ‌های تنزیل در دامنه ۱ درصد تا ۳۰ درصد انتخاب شدند. مقایسه میزان تولید واقعی در میدانی سروش و نوروز با مقادیر بهینه در هیچ یک از سناریوهای بررسی شده تطابق ندارد. میزان تولید واقعی در سال‌های نخست با گزینه تولید بهینه در نرخ‌های تنزیل بالا تطبیق می‌کند، هرچند در سال‌های پایانی چنین تطابق قابل مشاهده نیست. این رفتار تولیدی با دیدگاه شرکت‌های بین‌المللی (با داشتن نرخ تنزیل بالا) تطابق بیشتری دارد. بطور کلی نتایج بدست آمده از این پژوهش حاکی از غیر کارا بودن رفتار تولیدی شرکت ملی نفت ایران از نظر پیگیری هدف حداکثر سود از میدان بوده است. در ادامه، این نویسندگان به بررسی رفتار شرکت ملی نفت ایران با فرض پیگیری هدف حداکثر نمودن تولید انباشتی بجای حداکثر کردن ارزش حال جریان سود، می‌پردازند. بررسی این نویسندگان نشان داد که حتی با وجود اینکه قرارداد، بهره‌بردار را ملزم به پیگیری هدف حداکثر کردن تولید انباشتی می‌کند، شرکت ملی نفت ایران به این هدف نرسیده است.

گائو و هارتلی (۲۰۰۹) در مقاله خود با عنوان "تولید بهینه پویا از یک میدان نفتی بزرگ در عربستان سعودی" با استفاده از دو نگرش شبیه‌سازی و بهینه‌سازی به بررسی سیاست بهینه تولید نفت از میدان قوار عربستان پرداختند. در این مطالعه نویسندگان، به جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی مخزن و همچنین طرح توسعه مخزن پرداخته و با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز بلک‌ویل، چگونگی تاثیر رفتار تولیدی گذشته مخزن در میزان استخراج دوره‌های بعدی نشان دادند. این مطالعه همچنین از یک مدل بهینه‌سازی پویا که به روش عددی بلمن حل می‌شود برای بررسی تاثیر متقابل برخی ویژگی‌ها همچون شرایط فیزیکی و شیمیایی مخزن، مدل توسعه، قیمت نفت، هزینه‌های تولید و نرخ تنزیل استفاده می‌کند. نوآوری مطالعه حاضر نسبت به تمامی این مطالعات استفاده از رویکرد منطقی فازی با قابلیت استفاده از تمامی اطلاعات کیفی و کمی و امکان دستیابی به مسیرهای بهینه استخراج در وضعیت عدم اطمینان است.

۳- مروری بر وضعیت ذخایر نفت و گاز ایران

صنعت نفت و گاز یکی از بزرگترین و پیچیده‌ترین صنایع

استخراج نفت^۲ به مدل‌سازی تصمیم‌گیری پویای تولید براساس ملاحظات مهندسی و اقتصادی پرداختند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری پیرامون تولید نفت در عربستان، با توجه به خطرات مربوط به پیش‌بینی ارزش آتی نفت، نرخ تنزیل نامعقول بالایی دارد که این موضوع به کاهش شدید ارزش ذخایر نفت عربستان منجر می‌شود. وی دلیل این امر را اعتقاد دولت عربستان سعودی می‌داند که آنچه در نتیجه ارزآوری به داخل کشور به دست آمده از قبیل دستیابی به امنیت و یا برخی از اهداف سیاسی دیگر، توجیه اقتصادی این ضرر است.

لیشی و همکاران^۳ (۲۰۱۲) در پژوهش خود تحت عنوان "سیاست‌های مالیاتی موثر در استخراج بهینه نفت خام در آلاسکا" به تشریح بهینه‌سازی پویای استخراج نفت در آلاسکا و همچنین برآورد خاصی از توابع درآمد با فرض قیمت‌پذیر بودن تولیدکننده (بهره‌بردار) پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که تغییر نرخ مالیات به تنهایی مسیر بهینه تولید نفت را به جز برای میدان‌هایی با احتمال توقف تولید تغییر نمی‌دهد. نویسندگان این مطالعه بر این عقیده هستند که ساختار سیاست‌های مالیاتی می‌تواند به گونه‌ای طراحی شود که تحت تاثیر مسیر بهینه تولید باشد.

الکساندرا و اسپینوزا^۴ (۲۰۱۲) در مطالعه خود با عنوان "استخراج بهینه نفت خام به عنوان یک انتخاب چندگزینه‌ای" به ارائه راه حلی برای استخراج بهینه نفت برای تولیدکننده قیمت‌پذیر با استفاده از رویکرد مونت کارلو می‌پردازند. این رویکرد در شرایطی که ظرفیت مخزن در حال افزایش است، روش مناسبی جهت دستیابی به مقدار بهینه است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که ارزش نهایی ظرفیت مازاد مخزن نفتی برای کشورهای دارای منابع نفتی عظیم، بالاتر است، در حالیکه ارزش حال خالص این ذخایر در کشورهای مذکور بسیار پایین و به طور تقریبی نصف ارزش واقعی آنها برآورد می‌شود. از طرف دیگر، این مطالعه استخراج بهینه را به هزینه‌های استخراج ارتباط داده و تامین مالی پروژه‌های استخراجی را گزینه مهمی در این بهینه‌سازی می‌داند و در نتیجه برای بهینه‌سازی استخراج باید شرایط وام گرفتن تعدیل شود تا هم تولیدکننده به سود انتظاری خود دست یابد و هم تولید بهینه صورت گیرد که این امر، نوعی ایجاد ثبات در بازار نفت محسوب می‌شود.

قندی و لین^۵ (۲۰۱۱) مسیر بهینه تولید را در میدان سروش و نوروز با در نظر گرفتن شرایط قراردادی بیع متقابل و مقایسه آن با رفتار تولیدی واقعی شرکت ملی نفت ایران مدل‌سازی کردند و با توجه به دو گزینه حداکثرسازی سود تنزیل شده و حداکثرسازی تولید

می‌شود که نفت و گاز دو کالای استراتژیک برای آن است و حدود ۳۵ حوزه از این منابع در منطقه خلیج فارس و ۱۴ حوزه به صورت مشترک با سایر کشورهای حوزه خلیج فارس است. با در نظر گرفتن اهمیت منابع نفتی و گازی در جهان و نیاز به آنها و همچنین ظرفیت این منابع در حوزه خلیج فارس، این امر فرصت مناسبی برای ایران ایجاد می‌کند تا با بهره‌برداری اصولی از این منابع و همکاری با سایر کشورهای حوزه خلیج فارس و سایر تولیدکنندگان نفت و گاز، موقعیت خود را در سطح منطقه‌ای و جهانی بهبود بخشد. هم‌اکنون ایران چهارمین دارنده ذخایر اثبات شده نفت خام و دومین دارنده ذخایر گاز طبیعی در جهان است. تحریم‌های بین‌المللی عمیقاً بر بخش انرژی ایران تاثیر گذاشته است و به توقف تعدادی از پروژه‌های بالادستی نفت و گاز منجر شده است.^{۱۰}

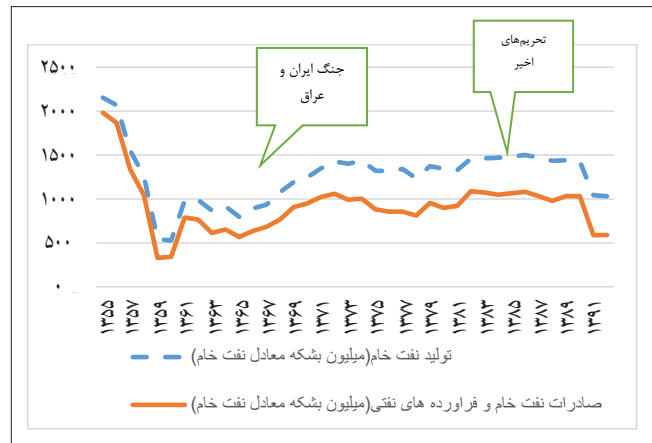
بعد از انقلاب اسلامی و طی سال‌های اخیر مجری اصلی تحریم‌ها علیه ایران کشور آمریکا بوده است. از این رو روابط این دو کشور به عنوان مشتری اصلی نفت ایران در روزهای اولیه انقلاب اسلامی به شدت کمرنگ شده و این موضوع منجر به توقف خرید نفت ایران توسط آمریکا شد. آمریکا به عنوان یک کشور مهم در زمینه عرضه و تقاضای انرژی توانسته با سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌هایش مسئله انرژی را در جهان تحت تاثیر قرار دهد. تحریم‌های اعمال شده توسط آمریکا علیه ایران، با ابزار ممنوعیت سرمایه‌گذاری آمریکا در بخش انرژی ایران بوده است. با این اوصاف در سال‌های اخیر، صادرات نفت ایران به سمت بازارهای آسیایی سوق داده شد. شکل ۱- جریان تولید و صادرات نفت را به همراه شوک‌های سیاسی که در دوره‌های مختلف بر تولید آن وارد شده نشان می‌دهد.

در شکل‌های ۲ و ۳، به ترتیب تولید نفت خام و گاز طبیعی در ایران نشان داده شده است که تقریباً در اکثر سال‌ها از روند رو به رشدی برخوردار بوده است.

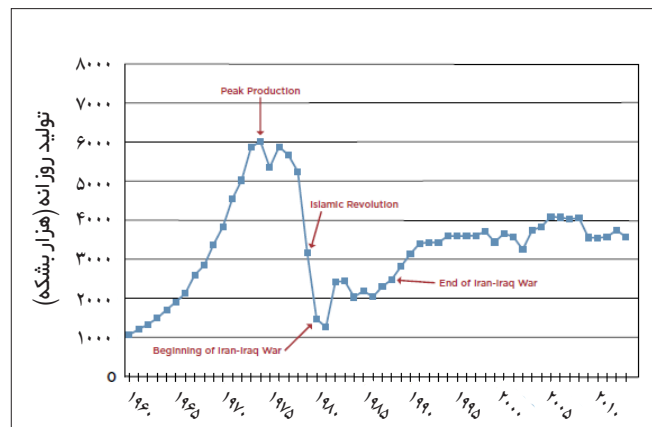
۴- معرفی مدل و تحلیل نتیجه تخمین

در این مطالعه با استفاده از یک روش جدید به نام "منطق فازی" به دنبال دستیابی به مقادیر بهینه استخراج و بهره‌برداری از مخازن گازی و نفتی کشور هستیم. تئوری فازی به عنوان یکی از شاخه‌های ریاضیات به منظور غلبه بر عدم قطعیت شناخته شده است. این تئوری شامل سه مرحله فازی‌سازی، استدلال فازی و فازی‌زدایی است و نتیجه حاصل از کاربرد این تئوری، دستیابی

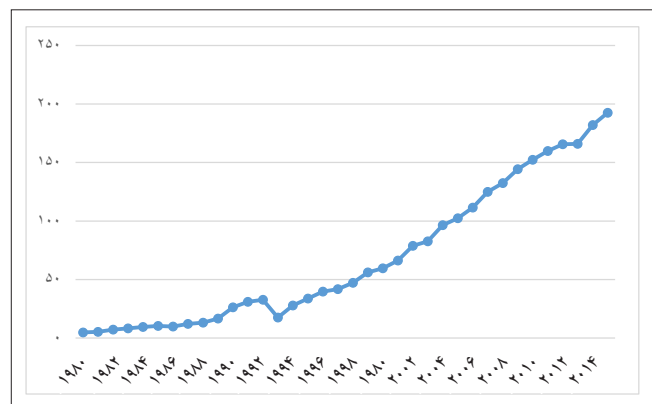
جهان است. محصول صنعت نفت برای حمل و نقل، گرما و تولید برق استفاده می‌شود. نفت و گاز دو نوع از مهم‌ترین کالاها در جهان اقتصادی هستند. (ورهرامی، ۱۳۹۵، ۱۱) در این میان ایران کشوری با منابع غنی نفتی و گازی در خلیج فارس محسوب



شکل ۱ | تولید و صادرات نفت خام ایران



شکل ۲ | تولید نفت خام ایران



شکل ۳ | تولید گاز طبیعی

به یک مقدار مشخص با دخالت واقعیت در ریاضیات است. این روش با زبان گفتاری انسانی مطابقت دارد. در واقع منطق فازی ابزاری برای تبیین مفاهیم نادقیق موجود در زبان گفتاری مانند گرما و سرما، جوانی و پیری، دوری و نزدیکی است که برای برنامه‌ریزی و قادر ساختن تصمیم‌گیر به انجام تصمیم‌گیری در موقعیت‌های مختلف استفاده می‌شود. منطق فازی همچنین رویکرد مناسبی برای سیستم‌های پیچیده‌ای که با اعداد به راحتی قابل بیان نیستند و یا پروژه‌هایی که از قطعیت برخوردار نیستند، است. از طرف دیگر با استفاده از این روش می‌توان فضای ساده، کاملاً ملموس و قابل تحلیلی برای حل مسئله ارائه داد. به عبارتی از آنجا که اکثر اطلاعات موجود در دسترس از یک عدم قطعیت برخوردارند، بسیار مهم است که بتوان از چنین داده‌های غیر دقیق

مقادیر بهینه تولید نفت

سال (BP)	مقدار بهینه نفت	سال (BP)	مقدار بهینه نفت
۱۹۹۸	۳۱۷۰	۱۹۸۰	۲۵۸۰
۱۹۹۹	۳۱۵۰	۱۹۸۱	۲۵۷۰
۲۰۰۰	۳۱۸۰	۱۹۸۲	۲۵۶۰
۲۰۰۱	۳۱۹۰	۱۹۸۳	۲۵۵۰
۲۰۰۲	۳۱۴۰	۱۹۸۴	۲۵۴۰
۲۰۰۳	۳۱۳۰	۱۹۸۵	۲۵۴۰
۲۰۰۴	۳۱۳۰	۱۹۸۶	۳۱۵۰
۲۰۰۵	۳۷۲۰	۱۹۸۷	۳۱۵۰
۲۰۰۶	۳۹۳۰	۱۹۸۸	۳۱۵۰
۲۰۰۷	۳۹۳۰	۱۹۸۹	۳۱۵۰
۲۰۰۸	۳۹۳۰	۱۹۹۰	۳۱۵۰
۲۰۰۹	۳۹۲۰	۱۹۹۱	۳۱۵۰
۲۰۱۰	۳۹۴۰	۱۹۹۲	۳۱۵۰
۲۰۱۱	۳۹۹۰	۱۹۹۳	۳۱۵۰
۲۰۱۲	۴۰۰۰	۱۹۹۴	۳۱۷۰
۲۰۱۳	۳۹۹۰	۱۹۹۵	۳۱۷۰
۲۰۱۴	۳۹۶۰	۱۹۹۶	۳۱۵۰
۲۰۱۵	۳۹۸۰	۱۹۹۷	۳۱۵۰

قواعد فازی ممتاز مربوط به ذخایر نفتی

مقدار p	استخراج (تولید)	ذخایر (نفت)	قیمت (نفت)	قاعده
۰/۰۲۵۹	بالا	بالا	بالا	۱
۰/۶۲۲۹	پایین	پایین	پایین	۲
۰/۸۴۹۴	متوسط	پایین	پایین	۳
۰/۰۶۷۸	بالا	متوسط	متوسط	۴
۰/۱۹۵۸	متوسط	متوسط	پایین	۵
۰/۲۸۶۷	متوسط	پایین	متوسط	۶
۰/۳۷۵۶	پایین	پایین	متوسط	۷
۰/۷۰۲۳	بالا	متوسط	پایین	۸
۱/۱۳۱۷	بالا	بالا	متوسط	۹

مقادیر بهینه تولید گاز

سال (BP)	مقدار بهینه گاز (مترمکعب)	سال (BP)	مقدار بهینه گاز (مترمکعب)
۲۰۰۳	۱۱۳	۱۹۸۹	۴۹/۱
۲۰۰۴	۱۱۳	۱۹۹۰	۴۹
۲۰۰۵	۱۱۶	۱۹۹۱	۷۰
۲۰۰۶	۱۱۳	۱۹۹۲	۹۲
۲۰۰۷	۱۱۳	۱۹۹۳	۹۲
۲۰۰۸	۱۱۶	۱۹۹۴	۹۲
۲۰۰۹	۱۱۷	۱۹۹۵	۵۰/۳
۲۰۱۰	۱۲۵	۱۹۹۶	۱۱۸
۲۰۱۱	۱۳۴	۱۹۹۷	۱۱۸
۲۰۱۲	۱۱۹	۱۹۹۸	۱۱۶
۲۰۱۳	۱۳۱	۱۹۹۹	۱۱۵
۲۰۱۴	۱۳۱	۲۰۰۰	۱۱۷
۲۰۱۵	۱۱۷	۲۰۰۱	۱۱۸
		۲۰۰۲	۱۱۵

قواعد فازی ممتاز مربوط به ذخایر گازی

مقدار p	استخراج (تولید)	ذخایر (گاز)	قیمت (گاز)	قاعده
۱/۶۸۸۹	پایین	پایین	پایین	۱
۱/۱۰۳۷	متوسط	متوسط	متوسط	۲
۰/۴۳۹۹	پایین	متوسط	متوسط	۳
۰/۰۲۵۶	متوسط	بالا	پایین	۴
۰/۰۵۰۳۰	متوسط	متوسط	پایین	۵
۰/۴۲۴۰	متوسط	متوسط	بالا	۶
۰/۲۰۴۳	متوسط	بالا	متوسط	۷
۰/۳۶۳۲	بالا	بالا	متوسط	۸
۲/۱۰۵۹	پایین	متوسط	پایین	۹

یا به عبارتی "خاکستری" نتایج و تصمیمات قابل قبولی به دست آورد که در این مسیر منطق فازی یکی از کاراترین روش‌ها است. ایده‌های فازی و منطق فازی اغلب در زندگی روزمره ما استفاده می‌شود در حالی که توجهی به آنها نمی‌شود. به عنوان مثال، برای پاسخ به سوالات در یک پرسشنامه، اکثر افراد پاسخ‌هایشان را به صورت "نه بسیار راضی" و "یا" کاملاً راضی" می‌دهند که به صورت پاسخ فازی یا مبهم است. اینکه رضایت دیگران از خدمات و کالاها به چه میزان است، دقیقاً معلوم نیست. اما این پاسخ‌های مبهم تنها می‌تواند توسط انسان ایجاد شود و ماشین‌ها در ایجاد آنها نقشی ندارند. مثلاً کامپیوترها نمی‌توانند چنین پاسخ‌هایی داشته باشند و فقط به صورت صفر و یک پاسخ می‌دهند، لذا این داده‌ها به صورت کلاسیک است.

برای پیاده‌سازی روش منطق فازی به عنوان یک برنامه واقعی نیاز به سه مرحله زیر است:

۱- فازی‌سازی - تبدیل داده‌های کلاسیک به داده‌های فازی و یا توابع عضویت (μ^A)

۲- فرآیند استنباط فازی - ترکیب توابع عضویت با قوانین کنترل برای بدست آوردن خروجی‌های فازی

۳- فازی‌زدایی - استفاده از روش‌های مختلف برای محاسبه هر خروجی.

بنابراین منطق فازی براساس تئوری مجموعه‌های فازی استوار بوده و تعمیمی گسترده‌تر از مجموعه‌های کلاسیک است. برای تفسیر تئوری مجموعه‌های فازی ابتدا به تعریف هسته اصلی این مجموعه‌ها یعنی توابع عضویت پرداخته می‌شود.

اگر X را یک مجموعه در نظر بگیریم، A زیرمجموعه فازی از X است که به وسیله تابع عضویت مشخص می‌شود و شکل ریاضی آن در ذیل آمده است:

$$\mu^A: X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

مهم‌ترین توابع عضویت مثلثی، دوزنقه‌ای و گوسی است. تابع مورد استفاده در این تحقیق، تابع عضویت مثلثی است که به شکل ذیل معرفی می‌شود. این تابع با یک مقدار حد پایین a ، حد بالای b و یک مقدار میانه بین این دو (m) تعریف می‌شود. در روش منطق فازی دو نوع متغیر وجود دارد، متغیر ورودی و متغیر خروجی یا به عبارت دیگر متغیر تصمیم که براساس متغیرهای ورودی مقدار بهینه تعیین می‌شود. هر کدام از متغیرهای مستقل خودشان به سطوح (پایین، متوسط، بالا) تقسیم و برای هر کدام از

این مجموعه‌ها یک تابع عضویت تعریف می‌شود. برای مثال برای قیمت سه تابع عضویت (پایین، متوسط، بالا) داریم که با استفاده از توابع عضویت، متغیرها فازی می‌شوند. بر مبنای توابع عضویت یک سری قوانین نیز حاصل می‌شود، اگر (یا) و آنگاه نتیجه چه باشد) اگر قیمت پایین بود آنگاه استخراج کم است (یا) اگر قیمت افزایش یابد آنگاه تولید افزایش می‌یابد. با توجه به مباحث مطرح شده فوق، رابطه استخراج نفت و گاز به عنوان متغیر خروجی، با دو متغیر قیمت و ذخایر نفت و گاز به عنوان متغیرهای ورودی مستقیم است. برای مثال می‌توان اینگونه بیان کرد که: اگر قیمت نفت و ذخایر نفت بالا باشد، آنگاه استخراج نفت بالا خواهد بود. بنابراین ابتدا سطح و یا مجموعه‌ای برای متغیر ورودی تعیین می‌شود. سپس مجموعه مورد نظر متغیر خروجی تعیین خواهد شد. از آنجا که تعداد قواعد موجود برای هر مسئله فازی برابر با تعداد مجموعه‌های فازی به توان تعداد متغیرها (هم ورودی هم خروجی) است، در این مطالعه تعداد قواعد ۳ به توان ۳ خواهد بود، بنابراین ۲۷ قاعده خواهیم داشت. برای انتخاب قواعد ممتاز در مقابل سایر قواعد باید از بین قواعد، با توجه به روند داده‌های مورد استفاده و اهمیت وزنی هر قاعده، انتخاب کرد.

براین اساس، در این مطالعه با استفاده از یک کد استفاده شده در نرم‌افزار متلب که میزان ضریب مربوط به وزن این قواعد را تعیین می‌کند، قاعده‌ای که بیشترین مقدار این ضریب را دارد، انتخاب و ضریب مورد نظر با نماد P نشان داده شد. از بین ۲۷ قاعده، ۹ قاعده که نسبت به مابقی مقدار وزن بیشتری دارد، انتخاب می‌شود که برای ادامه روند منطق فازی و انتخاب مقادیر بهینه از آنها استفاده می‌شود. ۹ قاعده‌ای که براساس ضرایب P مربوطه‌شان انتخاب شده است در جداول ۱ و ۲ برای داده‌های نفت و گاز به تفکیک آمده است.

داده‌های ورودی قیمت و ذخایر نفت طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۵ و گاز طی دوره ۱۹۸۹-۲۰۱۵ از سایت BP^{۱۲} دریافت شده است. در این پژوهش از نرم‌افزار متلب برای رسیدن به مقدار بهینه تولید استفاده شده است. در ذیل مقادیر بهینه نفت و گاز به تفکیک در جداول ۳ و ۴ آمده است.

با توجه به جداول ۱ تا ۴ میانگین مقادیر بهینه نفت طی دوره تعیین شده بالاتر از مقادیر بهینه گاز است. طی این دوره‌ها می‌توان دلایلی از جمله هزینه استخراج بالای گاز، قیمت پایین گاز، پایین بودن ارزش‌آوری حاصل از فروش آن و کم بودن تنوع فرآورده‌های گازی دانست که منجر به تصمیم‌گیری پیرامون تولید مقدار کمتر

هزینه استخراج بالای گاز، قیمت پایین گاز، پایین بودن ارزش آوری حاصل از فروش آن و کم بودن تنوع فرآورده‌های گازی، مقدار تولید بهینه گاز نسبت به تولید بهینه نفت در این سال‌ها کمتر شده و از این رو تولید بیشتر نفت و میزان تولید بهینه بالاتر نفت نسبت به گاز به صرفه‌تر بوده است.

براین اساس پیشنهاد می‌گردد، بنگاه‌های بخش خصوصی به توسعه فرآیندهای متکی به فناوری‌های پیشرفته و همچنین توسعه جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در صنعت نفت به منظور افزایش بهره‌برداری از مخازن نفتی در اعماق مختلف تشویق شوند. همچنین برای بالا بردن بهره‌وری استفاده از نفت لازم است تکنولوژی مورد استفاده در پالایشگاه‌ها ارتقا یابد.

بهینه گاز نسبت به تولید بهینه نفت در این سال‌ها شده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق با استفاده از تئوری منطق فازی، مقادیر بهینه استخراج نفت و گاز ایران بر اساس دو مولفه قیمت و ذخایر کنونی طی سال‌های ۱۹۸۰-۲۰۱۵ برای نفت و ۱۹۸۹-۲۰۱۵ برای گاز به دست آمده است. یکی از دلایل عمده استفاده از منطق فازی در این مطالعه، تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان است. مطابق با نتایج به دست آمده، به طور متوسط مقادیر بهینه تولید نفت طی سال‌های مورد بررسی از مقادیر بهینه تولید گاز بالاتر بوده است. بنابراین در این دوره به دلایلی همچون

پانویس‌ها

1 . <http://www.investopedia.com>

۲. در قراردادهای مشارکت در تولید، به بخشی از نفت خام که به منظور تامین هزینه‌ای عملیاتی به مصرف می‌رسد، نفت هزینه‌ای می‌گویند.

۳. نفت خامی که پس کسر هزینه‌های تولید در قراردادهای مشارکت در تولید، باقی می‌ماند نفت منفعتی گفته می‌شود و تسهیم نفت منفعتی نیز به عنوان یک مولفه مهم اقتصادی دیگر در این قراردادها بیانگر نرخ‌های توافق شده مربوط به نفت باقیمانده بین پیمانکار و کارفرما است.

۴. قراردادی که در آن دستمزد شرکت‌های بین‌المللی نفتی به صورت نفت خام پرداخت شود.

5 . Arredondo, et al (2013)

6 . Sickles & Hartley(2015)

7 . Lighty, et al (2012)

8 . Aleksandrov & Espinoza(2011)

9 . Ghandi & Lin (2011)

10 . International energy data and analysis, Last Updated: June 19, 2015 (Notes)

11 . Membership function

12 . Biritish Petroluem

منابع

- [11]- Aleksandrov, N, Raphael A. E, & Lajos G. (2012), Optimal Oil Production and the World Supply of Oil, [Washington, D.C.]
- [12] - Arredondo, R & Karal., (2016), Optimal planning and infrastructure development for shale gas production, Energy Conversion and Management, 119, 91-100.
- [13]- Bai ,Y, & Dali, W. (2006), Fundamentals Of Fuzzy Logic Control – Fuzzy Sets, Fuzzy Rules And Defuzzifications, Springer.
- [14]- Bp-Statistical-Review-Of-World-Energy-2015-Workbook
- [15]- Keppler, H & Schulke, J. (2009), Investing In the Energy Sector. An Issue of Governance.
- [16]- Gao Weiyu, P, & Hartley, R. (2009), Optimal Dynamic Production from a Large Oil Field in Saudi Arabia, Springer.
- [17]- Ghandia , A, & Linb, G. (2011), Do Iran's Buy-Back Service Contracts Lead to Optimal Production? The Case of Soroosh and Nowrooz. Energy Policy, 5, 1518-
- [18]-Pindyck , R. (1978). The Optimal exploration and production of nonrenewable resources. The Journal of Political Economy, 68, 841861-
- [19]- Saghir, J, (2008), 11th International Energy Forum April 21 – 22, Rome.
- [20]- Sickles, R & Hartley, C. (2015), A Model of Optimal Dynamic Oil Extraction: Evidence From a Large Middle Eastern Field, Journal of Productivity Analysis, 15, 59-71

- [۱]. احمدیان، م، و ورهرامی، و. (۱۳۹۲). دستیابی به مسیر بهینه استخراج از مخزن فراساحلی پارس جنوبی (با اعمال محدودیت‌های زیست محیطی) با تأکید بر اهمیت منابع مالی، مطالعات اقتصاد کاربردی ایران، ۲ (۶)، صفحه ۱۰۵-۱۲۱.
- [۲]. احمدی، ت، معتمدی، م. (۱۳۸۸). بهینه‌یابی پویای تولید نفت در ایران (مطالعه موردی میدان نفتی هفتگل با تأکید بر تولید صیانتی)، پژوهشنامه اقتصادی، ۱۰ (۳)، ۲۳۵-۲۶۵
- [۳]. بهلولی، ب، (۱۳۸۷). منابع نفت و سیاست در خلیج فارس و دریای خزر: نشر نور علم.
- [۴]. پاشاکلاهی قربانی، و، خورسندی، م، محمدی، ت، خالقی، ش، شاکری، ع، ابطی فروشانی، ت. (۱۳۹۳). الگوی بهره‌برداری بهینه از میدان نفتی در چارچوب مدل کنترل بهینه مطالعه موردی یکی از میدان نفتی ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴ (۱۳)، ۱۹۱-۲۲۰.
- [۵]. طاهری فرد، ع. (۱۳۸۹). بررسی آثار ساختار اقتصادی قراردادهای مشارکت در تولید بر تولید نفت، از دیدگاه شرکت‌های بین‌المللی نفتی، با استفاده از روش بهینه‌سازی پویا، فصلنامه اقتصاد انرژی، ۸، ۳۵-۴۱.
- [۶]. عسکری، م، صادقی شاهدانی، م، شیرجیان، م، طاهری فرد، ع. (۱۳۹۵). الگوی تولید بهینه نفت خام مبتنی بر قرارداد بیع متقابل: مطالعه موردی میدان نفتی فروزان، نشریه نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۳ (۲)، ۱۵۹-۱۸۶
- [۷]. قنبری، ع. (۱۳۹۰). اقتصادهای نفتی، انتشارات صنعتی.
- [۸]. میر فخرالدینی، ح، عادل آذر، پورحیدری، م. (۱۳۹۲). منطق فازی و کاربرد آن در مدیریت: انتشارات دانشگاه یزد.
- [۹]. ورهرامی، و. (۱۳۹۵). اقتصاد قراردادهای نفت و گاز: انتشارات دنیای اقتصاد.
- [۱۰]. ورهرامی، و، دادگر، م. (۱۳۹۵). اثر تحریم‌های اقتصادی بر میزان بهره‌برداری از ذخایر انرژی در ایران، دومین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد، مدیریت و حسابداری.