

الحمد لله الذي
خلقنا من
الحمم



دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت
رشته مدیریت صنعتی گرایش تولید

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارائه یک مدل تصمیم‌گیری ترکیبی برای تخصیص منابع گاز مبتنی بر سیستم های پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره

نگارنده

ساناز هدایت

استاد راهنما

دکتر علی‌اکبر حسنی

ماه و سال

شهریور ۱۴۰۰

در این صفحه صورت جلسه دفاع را قرار دهید. لازم است پس از صحافی این صفحه مجدداً توسط دانشکده مهر گردد و استاد راهنما با امضای خود اصلاحات پایان نامه را تأیید کند.

تقدیم اثر

تقدیم به تمام عزیزانی که در این مسیر کمک شایانی کردند.

بمشکروقدردانی

به نام آفریدگار پاک که انسان را از خاک آفرید و به واسطه عقل بر تمام موجودات رحمان داد و آن گاه دانش را وسیله محافل عقل قرار داد؛ بزرگ پروردگار را سپاس که به ما استعداد آموختن عطا کرد.

بامشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر علی اکبر حسینی که این جانب را در تهیه این پایان نامه یاری نمودند.

تعمدنامه

اینجانب ساناز هدایت دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارائه یک مدل تصمیم‌گیری ترکیبی برای تخصیص منابع گاز مبتنی بر سیستم‌های پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره تحت راهنمایی دکتر علی‌اکبر حسینی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

حکیده

استفاده از انرژی پاک یکی از اصلی‌ترین موضوعات مورد بحث کشورهای جهان بوده اما آنچه توجه به چنین انرژی را خصوصاً در سال‌های اخیر دو چندان کرده است، رشد سریع آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین است. توصیه متخصصان انرژی به استفاده بیشتر از گاز طبیعی است. از این رو گاز طبیعی یکی از مهم‌ترین منابع انرژی می‌باشد که نقش بسیار مهمی در تأمین تقاضای انرژی دارد؛ علاوه بر رشد سریع آلودگی هوا و گرم شدن کره زمین، عواملی همچون پراکندگی بهتر ذخایر، قیمت ارزان‌تر، هزینه استخراج کمتر بر اهمیت آن افزوده است. منابع گاز به‌وفور در ایران یافت می‌شوند و با دارا بودن ذخایر فراوان گازی در رده دوم جهانی قرار دارد. از آن جا که ایران دومین دارنده منابع گاز جهان می‌باشد اما با کمبود آن برای تخصیص به بخش داخلی و صادرات مواجهه است.

در این پژوهش با استفاده از رویکرد پویا شناسی سیستم به شبیه سازی و بررسی عوامل تأثیرگذار همچون میزان عملیات حفاری، نرخ بهره‌برداری و توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر تولید گاز و تخصیص آن به بخش‌های داخلی و صادرات خواهیم پرداخت و با توجه به افزایش رشد متوسط مصرف گاز در ۱۰ سال آینده، می‌توان با به‌کارگیری عوامل یادشده افزایش رشد مصرف را پاسخگو باشیم. کلیدواژه: گاز طبیعی، رویکرد پویا شناسی سیستم، تولید گاز، عملیات حفاری، نرخ بهره‌برداری و توانایی لرزه‌نگاری، مدل‌سازی مخزن

پیش‌گفتار

الگوی حاضر باهدف دستیابی به قالب و چهارچوبی استاندارد برای نگارش و تدوین پایان‌نامه‌های دانشگاه صنعتی شاهرود توسط کتابخانه مرکزی تهیه‌شده است. در این الگو با تعریف سبک‌های مختلف متناسب با نیازهای موجود در تایپ و تدوین پایان‌نامه تلاش شده است تا دانشجو بتواند با صرف کمترین وقت پایان‌نامه خود را تدوین نماید. ترتیب قسمت‌های مختلف این الگو مطابق با آیین‌نامه‌ی آموزشی دانشگاه است. لطفاً خود را مقید به استفاده از این الگو و ترتیب کنید و تمامی صفحات را به‌دقت مطالعه فرمایید.

فهرست مطالب

ص فهرست جداول

ض فهرست اشکال

۱ فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- بیان مسئله پژوهش..... ۲

۱-۳- اهمیت و ضرورت پژوهش..... ۴

۱-۴- نوآوری پژوهش..... ۵

۱-۵- اهداف پژوهش..... ۵

۱-۶- سؤالات پژوهش..... ۶

۱-۷- قلمرو پژوهش..... ۶

۱-۸- قلمرو مکانی..... ۶

۱-۹- قلمرو زمانی..... ۷

۱-۱۰- جمع بندی..... ۷

۹ فصل دوم: ادبیات و پیشینه‌ی پژوهش

۱-۲- مقدمه..... ۱۰

۲-۲- جایگاه گاز در سبد انرژی جهان..... ۱۱

۲-۳- ذخایر اثبات شده گاز طبیعی در جهان و ایران..... ۱۲

۲-۴- میادین و ذخایر گاز طبیعی..... ۱۳

۲-۵- زنجیره تأمین گاز..... ۱۵

۱۵	۲-۵-۱- عرضه و توزیع گاز خام.....
۱۶	۲-۵-۲- پالایشگاه‌های گاز.....
۱۶	۲-۵-۳- صادرات و واردات گاز طبیعی.....
۱۷	۲-۵-۴- مصرف گاز طبیعی
۲۰	۲-۵-۵- ذخیره‌سازی گاز طبیعی.....
۲۱	۲-۶-۱- اصطلاحات گاز طبیعی و مشتقات آن
۲۱	۲-۶-۱- اتان (C_2H_6)
۲۱	۲-۶-۲- پروپان (C_3H_8)
۲۲	۲-۶-۳- متان (CH_4)
۲۲	۲-۶-۴- گاز طبیعی خشک
۲۲	۲-۶-۵- گاز مرطوب
۲۲	۲-۶-۶- گاز غنی
۲۲	۲-۶-۷- گازهای سبک
۲۳	۲-۶-۸- گاز همراه
۲۳	۲-۶-۹- گاز مایع، گاز نفتی مایع
۲۳	۲-۶-۱۰- گاز طبیعی فشرده
۲۳	۲-۶-۱۱- گاز طبیعی مایع‌شده
۲۴	۲-۶-۱۲- مایعات گاز طبیعی
۲۴	۲-۷- مرور ادبیات موضوع
۳۱	۲-۸- روش‌شناسی سیستم‌های پویا
۳۳	۲-۹- اهداف مدل‌سازی
۳۴	۲-۱۰- تدوین فرضیه‌های پویا

۳۴	۱۱-۲- جدول شرایط مدل
۳۴	۱۲-۲- نمودار حلقه‌های علی
۳۶	۱۳-۲- دیاگرام انباشت و جریان مدل
۳۷	۱۴-۲- متغیرهای اصلی دیاگرام‌های انباشت و جریان
۳۷	۱-۱۴-۲- متغیرهای سطح:
۳۷	۲-۱۴-۲- متغیرهای نرخ:
۳۷	۳-۱۴-۲- ابرها یا متغیر کمکی:
۳۸	۱۵-۲- فرموله کردن
۳۹	۱۶-۲- جمع‌بندی مرور ادبیات
۴۱	فصل سوم: روش‌شناسی پژوهش
۴۲	۱-۳- مقدمه
۴۳	۲-۳- روش پژوهش
۴۵	۳-۳- مراحل پویایی سیستم
۴۵	۱-۳-۳- تعریف مسئله
۴۶	۲-۳-۳- توسعه فرضیه پویا
۴۶	۳-۳-۳- مدل‌سازی و فرمول‌بندی مدل
۴۷	۴-۳-۳- اعتبارسنجی مدل
۴۸	۵-۳-۳- تحلیل و تجزیه نتیجه‌های سناریو و ارزیابی سیاست‌ها
۴۸	۶-۳-۳- اعتبارسنجی الگو
۴۸	۱-۶-۳-۳- آزمون رفتار مجدد
۴۸	۲-۶-۳-۳- تولید مجدد رفتار
۴۸	۷-۳-۳- تحلیل حساسیت شاخص‌های کلیدی مدل

۴۹	۳-۴- تست مدل
۴۹	۳-۵- فرایند اجرای تحقیق
۴۹	۳-۶- گردآوری داده‌ها
۵۰	۳-۷- شناسایی متغیرها و پارامترها
۵۰	۳-۸- نمودار علی-معلولی
۵۷	۳-۹- نمودار حالت جریان
۵۷	۳-۱۰- متغیرهای حالت
۵۸	۳-۱۱- متغیرهای جریان
۶۰	۳-۱۲- اعتبار سنجی مدل
۶۱	۳-۱۲-۱- آزمون کفایت مرز
۶۳	۳-۱۳- تحلیل حساسیت
۶۴	۳-۱۴- جمع بندی
۶۵	فصل چهارم: نتایج پژوهش
۶۶	۴-۱- مقدمه
۶۸	۴-۲- اهداف راهبردی و چشم‌انداز شرکت ملی گاز ایران
۶۸	۴-۳- سناریوهای پژوهش
۶۹	۴-۳-۱- سناریو اول: میزان عملیات حفاری
۷۳	۴-۳-۲- سناریو دوم: توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن
۷۷	۴-۳-۳- سناریو سوم: نرخ بهره‌برداری
۸۲	۴-۴- رتبه‌بندی سناریوهای پژوهش
۸۵	۴-۵- جمع بندی

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۸۹

۵-۱- مقدمه ۹۰

۵-۲- پاسخ به سؤالات، فرضیات و اهداف تحقیق ۹۰

۵-۳- نتایج تحقیق ۹۱

۴-۵- پیشنهادها ۹۲

۵-۵- محدودیت ها ۹۲

مراجع

۹۳

مراجع داخلی ۹۳

فهرست جداول

جدول (۲-۱) معرفی میادین گازی در کشور ایران	۱۴
جدول (۲-۲) وضعیت ذخایر گازی در کشور ایران	۱۴
جدول (۲-۳) برآورد ذخایر و تولید انباشتی گاز طبیعی کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶	۱۸
جدول (۲-۴) تولید گاز غنی از منابع مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶	۱۹
جدول (۲-۵) مصرف گاز غنی از منابع مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶	۲۰
جدول (۳-۱) متغیرهای حالت در مدل پژوهش	۵۷
جدول (۳-۲) متغیرهای جریان در مدل پژوهش	۵۸
جدول (۴-۱) شاخص‌های پژوهش	۶۹
جدول (۴-۲) نتایج حاصل از سناریوهای مختلف	۸۱
جدول (۴-۳) رتبه‌بندی سناریو	۸۳

فهرست اشکال

- شکل (۲-۱) درصد ذخایر اثبات شده گاز طبیعی در جهان..... ۱۲
- شکل (۲-۲) مدل اکتشاف و بهره‌برداری صنعت نفت و گاز..... ۲۵
- شکل (۲-۴) فرایند مدل سازی در سیستم‌های پویا..... ۳۲
- شکل (۲-۵) فرایند مدل سازی در پویایی‌شناسی سیستم (استرمن ۲۰۰۰)..... ۳۳
- شکل (۲-۶) نمودارهای حلقه علی و معلولی استرمن (استرمن، ۲۰۰۰)..... ۳۶
- شکل (۳-۱) معرفی گام‌های کلی پژوهش..... ۴۳
- شکل (۳-۲) مدل علی-معلولی پژوهش..... ۵۱
- شکل (۳-۳) مدل میزان تولید گاز..... ۵۲
- شکل (۳-۴) مدل استخراج گاز از کل ظرفیت در دسترس..... ۵۳
- شکل (۳-۵) مدل درآمد حاصل از میزان تولید گاز..... ۵۴
- شکل (۳-۶) مدل مدیریت منابع و تخصیص و فروش به بخش‌های مختلف..... ۵۵
- شکل (۳-۷) مدل هزینه..... ۵۶
- شکل (۳-۸) نمودار حالت جریان پژوهش..... ۶۰
- شکل (۳-۹) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر توسعه تجهیزات گاز..... ۶۱
- شکل (۳-۱۰) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر هزینه تحقیق و توسعه..... ۶۲
- شکل (۳-۱۱) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر هزینه عملیاتی..... ۶۲
- شکل (۳-۱۲) افزایش در ظرفیت کل میدان گازی..... ۶۳
- شکل (۳-۱۳) افزایش در میزان تولید گاز..... ۶۴
- شکل (۴-۱) بررسی عملیات حفاری بر میزان تولید گاز..... ۶۹
- شکل (۴-۲) بررسی عملیات حفاری بر میزان کمبود گاز..... ۷۰
- شکل (۴-۳) بررسی عملیات حفاری بر سهم داخلی..... ۷۱
- شکل (۴-۵) بررسی عملیات حفاری بر درآمد..... ۷۳
- شکل (۴-۶) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل سازی مخزن بر تولید گاز..... ۷۴
- شکل (۴-۷) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل سازی مخزن بر کمبود گاز..... ۷۵
- شکل (۴-۸) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل سازی مخزن بر سهم داخلی..... ۷۶
- شکل (۴-۹) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل سازی مخزن بر سهم صادرات گاز..... ۷۶
- شکل (۴-۱۰) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل سازی مخزن بر درآمد..... ۷۷
- شکل (۴-۱۱) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر تولید گاز..... ۷۸
- شکل (۴-۱۲) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر کمبود گاز..... ۷۹
- شکل (۴-۱۳) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر سهم داخلی گاز..... ۸۰

- شکل (۴-۱۴) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر سهم صادرات گاز ۸۱
- شکل (۴-۱۵) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر درآمد ۸۱
- شکل (۴-۱۶) سهم مصرف گاز در بخش های مختلف ۸۴
- شکل (۴-۱۷) افزایش مصرف گاز در ۱۰ سال آینده ۸۴
- شکل (۴-۱۸) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر تولید گاز ۸۵
- شکل (۴-۱۹) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر کمبود گاز ۸۶
- شکل (۴-۲۰) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر سهم داخلی ۸۶
- شکل (۴-۲۱) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر سهم صادرات ۸۷
- شکل (۴-۲۲) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر درآمد ۸۷

فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

برنامه‌ریزی تخصیص منابع انرژی از جمله مسائل پیچیده در پیش‌روی مدیران و برنامه‌ریزان است. برای این منظور، نیاز است تا طیف متنوعی از متغیرهای اثرگذار بر ایجاد ظرفیت قابل‌دسترس، کیفیت دسترسی به منابع، فناوری، بهره‌برداری از منابع و تقاضا برای استفاده از منابع تحت تأثیر عوامل هزینه‌ای، کیفیت، قابلیت اطمینان، پایداری و موارد مشابه دیگر مورد بررسی قرار گیرند. در طی سال‌های اخیر، دولت‌ها در تلاش بوده‌اند تا با تنوع بخشی به منابع انرژی پایدار، پاک و ارزان زمینه را برای استفاده مؤثر از منابع در اختیار به عنوان یک ثروت ملی فراهم سازند. از سوی دیگر، بسیاری از عوامل حاضر در فضای برنامه‌ریزی حاضر در طی زمان دستخوش تحولات و تغییرات گوناگون قرار خواهند گرفت. این در حالی است که اثرات این تغییرات در حالات مختلف و با دوره‌های زمانی گوناگون در سیستم دریافت خواهد شد. این مسئله بر پیچیدگی تحلیل فضای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع انرژی در سطح کلان خواهد افزود؛ به عبارت دیگر، تحلیل این سیستم کلان مدیریت بهره‌برداری و تخصیص از منابع انرژی به شیوه استاتیک از کارایی نامطلوبی برخوردار خواهد بود و ناگزیر به تحلیل سیستم مذکور در فضای سیستم‌های پویا خواهیم بود. از این رو در مطالعه حاضر اقدام به بررسی روابط علی و معلولی ما بین متغیرهای کلیدی حاضر در فضای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع انرژی و اثرات پویا آن خواهد شد.

۱-۲- بیان مسئله پژوهش

برای ادراک جهان نگرش‌های پویا و ایستا مورد توجه است. نگرش ایستا به گونه‌ای است که به جهان در یک مقطع زمانی نگاه می‌شود و در آن مقطع زمانی علت یا علل یک رخداد مورد بررسی و جست‌وجو قرار می‌گیرد. به طور کلی در این نگرش بیشترین توجه به پیشامد و علت آن در همان مقطع زمانی مورد نظر است. در واقع نگرش ایستا به زمان‌های قبل و بعد از پیشامد هیچ توجهی نمی‌شود و یا توجه زیادی نخواهد شد.

حال در نگرش پویا، برخلاف نگرش ایستا به پدیده‌ها و پیشامدها در طی زمان نگاه می‌شود درواقع در نگرش پویا به زمان گذشته و تحولات گذشته و بستگی آن با پیشامد روی آمده در زمان حال مدنظر است، پس به‌طور کلی زمان یک بعد مهم و حیاتی در تفکر و تحلیل است. تحلیل و فکر انسان در طول زمان فعال می‌شوند. روندها درگذشت زمان موردتوجه قرار هستند. پیشامدها در نقش روش‌ها مشاهده می‌شوند و این پیشامدها و وقایع به‌صورت جزئی از روش‌ها موردبررسی قرار می‌گیرند. در نگرش پویا، برخلاف نگرش ایستا، پیشامدها و وقایع کانون توجه نخواهند بود، بلکه روش‌هایی مورد توجه می‌باشند که پیشامدها بتوانند نمودی از آن روش‌ها در مقطع زمانی خاصی باشند. به طور کلی در نگرش پویا، علاوه بر اینکه تفکر در امتداد زمان از گذشته به حال می‌آید، بلکه یافته و حال را به آینده‌ای که می‌تواند در پیش باشد متصل خواهد کرد.

پویایی به معنای دگرگونی در طی زمان است. هر آن چه در جهان است مظهري از پویایی است، دلیل آن تغییر و تحول همه چیز در جهان است. از جزئی‌ترین اجزا تا موجودیت‌های بزرگ اجزا تشکیل دهنده جهان هستی با گذشت زمان در حال تغییر می‌باشند (علینقی مشایخی، ۱۳۹۷).

مدل‌سازی با سیستم‌های پویا راه حل‌هایی را برای تغییر رفتار با در نظر گرفتن پویایی و عوارض جانبی متعدد ارائه می‌دهد (استرمن، ۲۰۰۰). پویایی سیستم، یک تکنیک مدل‌سازی است. اولین بار توسط جی فارستر در سال ۱۹۶۱ معرفی شده و برای حل مسائل پویا و غیرخطی به کار می‌رود. در مدل‌سازی سیستم‌های پویا مدل‌سازی با بازخوردهای مختلف پویا و با استفاده از رایانه انجام می‌گیرد. این سیستم تعامل پیچیده را در بین تعداد زیادی از عوامل یک سیستم بررسی و چگونگی تأثیر برهم کنش‌های غیرخطی بر عملکرد سیستم در طول زمان مدل‌سازی می‌کند. بنابراین این رویکرد به مدل ساز این امکان را می‌دهد تا از طریق مدل‌سازی ساختار آن از جمله بازخوردهای دایره‌ای یا روابط با تأخیر در زمان بین عناصر سیستم و غیرخطی بودن یک سیستم را درک کند. از سیستم‌های پویا در جهت پیش‌بینی رفتار سیستم‌ها و توسعه و تحلیل سیاست‌های ساختاری و کارایی تصمیم‌گیری استفاده می‌شود (Li, et al, ۲۰۱۶).

همان‌طور که گفته شد افزایش مصرف انرژی و همچنین آلاینده‌گی‌های زیست محیطی باعث شده کشورها به سمت انرژی‌های پاک روی آورند. در این میان گاز طبیعی مورد توجه بسیاری از دولت‌ها است. با توجه به کاهش ذخیره‌های نفتی، کارشناسان انرژی به نقش مهم گاز طبیعی برای تأمین تقاضا بسیار تأکید دارند. مدیریت زنجیره تأمین گاز از منظر برداشت منابع تا تخصیص منابع به مشتریان با توجه به کیفیت و کمیت تقاضای آن‌ها حائز اهمیت است. این در حالی است که رفتار تقاضای مصرف‌کننده گاز و مشتقات آن در طی زمان دارای ماهیت پویا است. علاوه بر آن، مجموعه عوامل متنوعی بر فرایند برداشت منابع و کارایی اقدامات مربوطه تأثیرگذار خواهند بود نظیر عامل فناوری. از سوی دیگر، اثر گذاری این عوامل بر عملکرد زنجیره تحت بررسی می‌تواند همراه با تأخیر و رفتار غیرخطی حاصل از حلقه‌های علی و معلولی در طی دوره برنامه‌ریزی باشد. از این‌رو، تحلیل ایستایی زنجیره تأمین یاد شده، می‌تواند منجر به نادیده گرفته شدن الزامات فضای تصمیم‌گیری و در نهایت کاهش کارایی و اثربخشی تصمیمات شود. بنابراین، با استفاده از رویکرد تحلیل سیستم‌های پویا به بررسی و ارزیابی فرایندهای برداشت، پالایش و تخصیص منابع به تقاضای مشتریان محصولات بر پایه گاز پرداخته شده است.

۱-۳- اهمیت و ضرورت پژوهش

با توجه به اهمیت استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت کم آلاینده‌تر نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی و همچنین افزایش تقاضای مصرف منابع انرژی با در نظر گرفتن محدودیت منابع تولید انرژی، نیازمند مدیریت مطلوب و کارآمد در این زمینه است. امروزه مسئله مدیریت انرژی و تخصیص بهینه با در نظر گرفتن هزینه‌های زیاد تأمین انرژی و حذف یارانه‌های آن از نیازهای مهم و ضروری در تمام کشورها می‌باشد. از دلایل مهم دیگر می‌توان به آلودگی‌های محیط‌زیست، تجدید ناپذیر بودن منابع انرژی و بحران‌های تأمین آن و افزایش هزینه سوخت را در نظر گرفت. توسعه پایدار انرژی از اهداف

غایی می‌باشد، از این رو مدیریت صحیح در مصرف بخش‌های مختلف و حفظ منابع انرژی جزئی از مهم‌ترین چالش‌ها و موضوعات از نظر صنعتگران و سیاست‌گذاران بخش انرژی است. با بهره‌گیری از مدیریت انرژی و به عبارت دیگر بهینه‌سازی انرژی می‌توان اثرات ناشی از تخریب منابع طبیعی انرژی را کاهش داد و همچنین باعث افزایش رشد اقتصادی شد.

در حال حاضر مصرف گاز طبیعی به خصوص در بخش‌های خدمات و عمومی، حمل‌ونقل، بخش‌های کشاورزی و صنعتی و همچنین نیروگاه‌ها بسیار افزایش یافته است. با توجه به آن‌که ایران نوزده درصد از کل ذخایر گاز جهان را به خود اختصاص داده و می‌توان با به‌کارگیری جنبه‌های مرتبط فنی و سطح فناوری، میزان برداشت از میادین دریایی و خشکی را افزایش داد و به سبب این مورد همچنین بهینه‌ترین شکل ممکن تخصیص میزان تقاضای بخش‌های مختلف داخلی و خارجی انجام گیرد.

۴-۱- نوآوری پژوهش

در این تحقیق، زیرسیستم جدید اکتشاف منابع جدید گاز تحت تأثیر جنبه‌های مرتبط فنی همچون میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری در سیستم مدیریت یکپارچه منابع مبتنی بر مدل ترکیبی سیستم‌های پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شده است.

۵-۱- اهداف پژوهش

اهداف اصلی و فرعی تحقیق به شرح ذیل است:

- هدف اصلی تحقیق

- طراحی مدل یکپارچه برنامه‌ریزی بهره‌برداری و تخصیص منابع انرژی با استفاده از رویکرد

تحلیل سیستم‌های پویا

- اهداف فرعی تحقیق

- تحلیل اثر سناریوهای مدیریت انرژی با در نظر گرفتن شاخص‌های ارزیابی مدنظر
- اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت انرژی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره

۱-۶- سؤالات پژوهش

سؤالات اصلی و فرعی تحقیق به شرح ذیل است:

- سؤال اصلی

- طراحی مدل یکپارچه برنامه‌ریزی بهره‌برداری و تخصیص منابع انرژی با استفاده از رویکرد تحلیل سیستم‌های پویا چگونه است؟

- سؤال فرعی

- اثر اعمال سیاست‌های مدیریت انرژی بر شاخص‌های ارزیابی مدنظر چگونه است؟
- اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت انرژی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره چگونه است؟

۱-۷- قلمرو پژوهش

در این تحقیق، زیرسیستم‌های اکتشاف منابع گازی جدید، برداشت از منابع گازی موجود، پالایش و تخصیص محصولات گازی به مشتریان با در نظر گرفته جنبه‌های فنی در نظر گرفته شده است.

۱-۸- قلمرو مکانی

قلمرو مکانی پژوهش عبارت است از محدوده محلی تحت مدیریت شرکت ملی گاز ایران.

۱-۹- قلمرو زمانی

داده‌های تحقیق در بازه زمانی ۱۰ سال مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۱۰- جمع بندی

در این فصل به نگاهی کلی در مورد پژوهش پرداخته شده است و بیان مسئله پژوهش و نوآوری آن، اهداف و سؤالات و فرضیات پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. در فصل بعدی به توضیح جایگاه گاز و اهمیت و ضرورت استفاده از آن و تخصیص بهینه به بخش‌های مختلف پرداخته شده و روش‌شناسی سیستم‌های پویا به طور کامل و دقیق شرح داده شده است. در فصل سوم به تشریح گام‌های کلی پژوهش و نمودارهای مدل ارائه گردیده و در فصل چهارم به بررسی و تحلیل نتایج حاصل از نمودارها با استفاده از سناریونویسی و تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته شده است. در فصل پنجم نتایج به دست آمده از پژوهش و پیشنهادها و محدودیت‌ها شرح داده شده است.

فصل دوم: ادبیات و پیشینه می پژوهش

۲-۱- مقدمه

از عوامل مهم توسعه و پیشرفت کشورها استفاده از انرژی‌های جدید است و تأمین این انرژی در دنیای امروز به یک مدیریت کارا و مؤثر نیاز دارد. مطالعه ادبیات موجود در زمینه‌ی صنعت گاز است. با توجه به اینکه نفت از منابع مهم انرژی است، تحقیقات متنوعی در این زمینه صورت گرفته است. اما تأمین انرژی فقط از طریق نفت نیست و گاز نیز یکی از مهم‌ترین منابع انرژی است که با گذر زمان به دلیل پراکندگی بهتر ذخایر، قیمت ارزان‌تر، هزینه استخراج کمتر و تولید کربن‌دی‌اکسید کمتری در میان سوخت‌های فسیلی از نظر زیست محیطی جایگاه ویژه‌ای دارد و مورد توجه کشورهای توسعه‌یافته است. در جهان پس از روسیه، ایران دومین کشوری است که ذخایر گاز را در اختیار دارد. طبق گزارش وزارت نفت ایران، ذخایر اثبات شده گاز طبیعی ایران حدود ۱۹ درصد از کل ذخایر جهان است که ۳۳ درصد آن به‌عنوان گاز همراه و ۶۷ درصد مربوط به غیر مرتبط است. وجود منابع فراوان و ارزان بودن

قیمت گاز در کشور باعث افزایش شدت مصرف گاز طبیعی در بخش‌های داخلی شده است؛ که اثرگذاری کمتر بر توسعه اقتصاد کشور را دارند.

در این بخش به بررسی ذخایر اثبات‌شده گاز طبیعی در ایران و جهان پرداخته می‌شود و سپس به مدل‌هایی که درزمینه‌ی برنامه‌ریزی و مدیریت تخصیص منابع گاز و همچنین به‌کارگیری رویکرد سیستم‌های پویا برای تخصیص منابع گاز ارائه شده‌اند، پرداخته‌ایم. مطالعاتی که با تخصیص به بخش‌های مختلف داخلی و با در نظر گرفتن سیاست‌های مختلف جهت تخصیص ارائه شده‌اند.

۲-۲- جایگاه گاز در سبد انرژی جهان

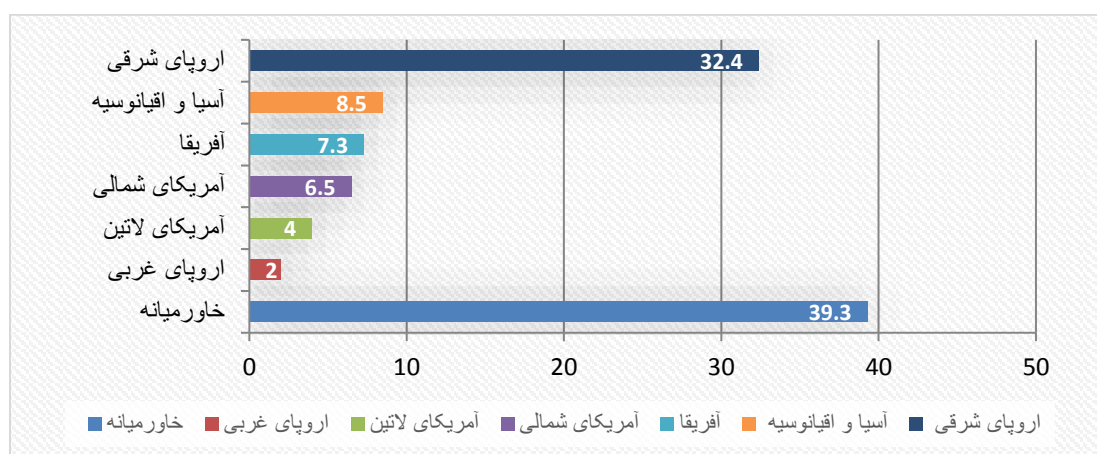
در دو قرن گذشته، بین انرژی و مسائل بین‌المللی رابطه‌های تنگاتنگی به وجود آمده است. قرن هجدهم با انقلاب صنعتی رشد کرد، این انقلاب با تحول در استفاده از زغال‌سنگ شروع شد و باعث دگرگونی جهان شد. اواخر قرن نوزدهم توسعه صنعتی آلمان نیز استفاده از زغال‌سنگ است. قرن بیستم که عصر نفت معرفی‌شده و رشد اقتصادی امریکا به دلیل همین عنصر بود. نفت باعث شد جغرافیای سیاسی بین کشورهای غربی، خاورمیانه و سایر کشورهای درحال توسعه ایجاد شود و همچنین باعث منازعاتی نیز بوده است. نفت که سهم استفاده تجاری از آن ۳۴ درصد همچنان پیشرو است و استفاده از زغال‌سنگ که در تولید برق تأثیرگذار است سهمی ۲۲ درصدی را دارد است با محدودیت‌هایی مواجه هستند. از این رو گاز طبیعی که پیش‌بینی می‌شود تا پایان قرن بیست و یکم موجود است و از نظر زیست‌محیطی آلاینده‌گی کمتری دارد جایگزین شود که سهم استفاده تجاری آن ۲۳ درصد است. درواقع پیش‌بینی و تغییر جهت به سمت انرژی‌های جدید ازجمله گاز طبیعی قابل توجه است (اکبرترکان، ۱۳۹۱).

سهم گاز طبیعی به دلیل منبع پاک انرژی و قیمت ارزان و فراوان بودن آن در حال افزایش است. تقاضای انرژی جهانی نیز به سمت انرژی‌های پاک‌تر است تا نگرانی‌های زیست‌محیطی کاهش یابد. گاز طبیعی در مقایسه با نفت از مزیت زیست‌محیطی برخوردار است و همچنین به دلیل کاهش ذخایر

سوخت‌های فسیلی، صنعت گاز را به عنوان پیشروترین منبع تأمین انرژی در جهان تبدیل کرده است و کشورها به شناسایی و اکتشاف و بهره‌برداری و تولید و تجارت گاز تمایل یافته‌اند. آخرین آمار مرکز مطالعات انرژی آمریکا نشان می‌دهد گاز طبیعی در میان انرژی‌های دیگر میزان رشد مصرف بیشتری را در حال حاضر به خود اختصاص داده و همچنین طبق آمار شرکت بریتیش پترولیوم در حدود ۲۴ درصد مصرف انرژی در جهان از طریق گاز طبیعی است که در سال ۲۰۱۵ نسبت به سال ۲۰۱۴ رشد زیادی داشته و همین روند افزایشی تقاضای جهانی گاز باعث شده این حامل انرژی در جایگاه ویژه قرار گیرد از این رو نقش گاز در سبد انرژی جهان رو به افزایش خواهد گذاشت و از نقش نفت در بازار انرژی کم خواهد شد (ورهرامی و همکاران، ۱۳۹۸).

۲-۳- ذخایر اثبات‌شده گاز طبیعی در جهان و ایران

بر اساس مرکز آمار ایران، توزیع ذخایر اثبات‌شده گاز طبیعی در جهان برحسب منطقه در سال ۲۰۱۵ بدین گونه است که ۳۹/۳ درصد مربوط به خاورمیانه، ۲ درصد مربوط به اروپای غربی، ۴ درصد مربوط به آمریکای لاتین، ۶/۵ درصد مربوط به آمریکای شمالی، ۷/۳ درصد مربوط به آفریقا، ۸/۵ درصد مربوط به آسیا و اقیانوسیه و ۳۲/۴ درصد مربوط به اروپای شرقی است.



شکل (۱-۲) درصد ذخایر اثبات‌شده گاز طبیعی در جهان

ذخایر گازی ایران در میدان‌های گازی به‌صورت مستقل، ذخایر گاز طبیعی موجود در کلاهک‌های گازی میادین نفتی و گازهای همراه نفت در میادین نفتی موجود است. ایران با داشتن حجمی بالغ بر حدود ۳۴ تریلیون مترمکعب گاز طبیعی، سهمی بالغ بر ۴۲/۰۹ درصد ذخایر اثبات‌شده‌ی گاز منطقه‌ی خاورمیانه و ۱۸/۲ درصد ذخایر اثبات‌شده‌ی گاز جهان را به خود اختصاص داده که در رتبه نخست خاورمیانه و جهان قرار گرفته است. از میادین مهم ایران در دریا میدان پارس جنوبی است که روی خط مرزی مشترک با قطر در خلیج‌فارس قرار دارد. از دیگر میادین مشترک گازی در منطقه‌ی دریایی، میادین سلمان با ابوظبی، مبارک با شارجه، فارس-B با عربستان، هنگام با عمان و آرش با کویت است. در خشکی نیز میدان مشترک گازی به نام گنبدلی با ترکمنستان قرار دارد. همچنین میادین مستقل گازی میادین خانگیران، نار، کنگان، سرخون، قشم، آغار، دالان، تابناک، تنگ بیجار، هما، شانول، عسلویه، کبیرکوه، گشوی جنوبی، گردان، مختار، وراوی و تعداد زیادی میادین کوچک گازی دیگر در خشکی و میادین پارس شمالی، فردوس و گلشن در دریا قرار دارند (مونا گلچینپور، ۱۳۹۳).

۲-۴- میادین و ذخایر گاز طبیعی

در سال ۱۳۹۶، تعداد ۲۲ میدان گازی در مناطق خشکی و دریایی شامل: ۱۸ میدان سازندی، گنبدی در مناطق خشکی (مارون خامی، مسجد سلیمان، لب سفید، پازنان، نفت سفید، خانگیران، دالان، گنبدلی، تابناک، نار، هما، کنگان، شانول، وراوی، سرخون، سراج، آغار، تنگ بیجار) و ۴ میدان سازندی، مستقل گازی (میدان پارس جنوبی، میدان سلمان/ سازند کنگان دالان، میدان الوان/ سازند کنگان دالان، میدان گورزین قشم) در مناطق دریایی فعال بوده‌اند. از جمله چالش‌های صنعت گاز ایران، پائین بودن ضریب بازیافت مخازن، بالا بودن عمر مخازن نفت و گاز و افت تولید طبیعی آن‌ها، محدودیت در دسترسی به منابع مالی بین‌المللی و محدودیت دسترسی به فناوری‌های نوین، کمبود شدید منابع مالی برای توسعه طرح‌های بخش انرژی و غیره است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۶).

در جدول شماره ۱، تعداد میادین فعال گازی خشکی و دریا در سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است.

جدول (۱-۲) معرفی میادین گازی در کشور ایران

عنوان شرکت	تعداد (میادین)	
خشکی	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب (سازندی)	۳
	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب (گنبدی)	۲
	شرکت نفت مناطق مرکزی ایران (میادین مستقل گازی)	۱۳
دریا	شرکت نفت و گاز پارس	۱
	شرکت نفت فلات قاره ایران (سازندی)	۱
	شرکت نفت فلات قاره ایران (میادین مستقل گازی)	۲
جمع	۲۲	

در جدول شماره ۲، وضعیت ذخایر گازی کشور در انتهای سال ۱۳۹۶ نشان داده است.

جدول (۲-۲) وضعیت ذخایر گازی در کشور ایران

مناطق	نوع	ذخیره نهایی در پایان سال ۱۳۹۶
خشکی	همراه و کلاhek	۸/۱۲
	مستقل	۹/۴۳
	جمع	۱۷/۵۵
دریا	همراه و کلاhek	۰/۵۲
	مستقل	۲۰/۶۵
	جمع	۲۱/۱۶

۲-۵- زنجیره تأمین گاز

با توجه به وجود ناخالصی و مایعات و میعانات و آب در گاز خام و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی در واحدهای گوناگون پالایش انجام می‌گیرد و یا برای خوراک پتروشیمی و تزریق به میادین نفتی عرضه می‌شود. تولید گاز خام در کشور حاصل از منابعی شامل گازهای همراه با نفت همچنین گاز گنبدی و گازهای میادین مستقل و سازندهای گازی است. بیشترین تولید گاز گنبدی از میادین نفتی پازنان، نفت سفید و لب سفید در مناطق نفت‌خیز جنوب است. گاز خام سازندی علاوه بر میدان گازی مارون خامی و ژوراسیک مسجد سلیمان در مناطق نفت‌خیز جنوب، از سازند گازی دالان میدان سلمان شرکت نفت فلات قاره نیز صورت گرفته است (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۶).

۲-۵-۱- عرضه و توزیع گاز خام

گاز خام به علت وجود ناخالصی و مایعات، میعانات و آب، با توجه به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی در واحدهای مختلف پالایش می‌شود و یا برای تزریق به میادین نفتی و خوراک پتروشیمی عرضه می‌گردد.

در مناطق نفت‌خیز جنوب، گاز همراه میادین نفتی برای جداسازی مایعات و هیدروکربورهای سنگین‌تر به کارخانه‌های گاز و گاز مایع ارسال گردیده و مقداری برای خوراک کارخانه‌های پتروشیمی تخصیص یافته است. گاز سبک حاصل از کارخانه‌های گاز و گاز مایع برای تزریق در میادین نفتی و یا خطوط لوله سراسری گاز مورد استفاده قرار گرفته است. مایعات و هیدروکربورهای تولیدی سنگین‌تر جهت تزریق به نفت خام صادراتی و یا به‌عنوان خوراک صنایع پتروشیمی و یا برای تولید فرآورده‌های نفتی به پالایشگاه‌های نفت تحویل شده است.

۲-۵-۲- پالایشگاه‌های گاز

تولید گاز سبک، گاز سبک از فراورش گاز خام منابع نفت خام و گاز میادین مستقل به ترتیب در کارخانه‌های گاز و گاز مایع، پالایشگاه‌های گاز و واحدهای نهم‌دایی تولید می‌گردد.

۲-۵-۳- صادرات و واردات گاز طبیعی

ازجمله برنامه‌های شرکت ملی گاز ایران، افزایش صادرات گاز طبیعی به بازارهای منطقه‌ای و بین‌المللی است. لذا این شرکت تلاش می‌نماید در بازارهای گاز طبیعی باهدف مشارکت در افزایش قدرت اقتصادی و سیاسی کشور در ابعاد داخلی، منطقه‌ای و بین‌المللی از طریق ایجاد مزیت‌های رقابتی، حضوری پایدار داشته باشد. در این راستا ایران با در اختیار داشتن حجم کافی گاز برای تأمین نیاز داخلی و صادرات، سال‌هاست که به کشورهای همسایه گاز صادر می‌کند. ترکیه، ارمنستان، آذربایجان، نخجوان و عراق، بازارهای کنونی صادرات گاز ایران هستند. ایران از ترکمنستان و آذربایجان گاز طبیعی وارد و به ترکیه، نخجوان، ارمنستان، آذربایجان و عراق صادر می‌نماید. واردات گاز طبیعی کشور در سال ۱۳۹۶ به حدود ۳/۹ میلیارد مترمکعب و صادرات آن به ۱۳/۲ میلیارد مترمکعب رسید. واردات نسبت به سال قبل ۳۴ درصد کاهش و صادرات ۴۶/۳ درصد افزایش داشته است. به‌طوری‌که در این سال صادرات گاز ۹/۳ میلیارد مترمکعب بیشتر از واردات بوده است. به عبارتی این آمار حکایت از مثبت بودن تراز صادرات گاز ایران دارد. در سال مذکور صادرات گاز ایران به کشورهای همسایه (به‌استثنای نخجوان) روند صعودی را طی کرد. صادرات گاز ایران به عراق از سال ۹۶ از پایانه‌های نفت شهر اجرایی شد. صادرات گاز به دو مقصد بغداد و نیروگاه بصره صورت می‌گیرد. ایران تمام خطوط انتقال گاز برای صادرات به بصره را تا مرز شلمچه آماده کرده و در انتظار تکمیل خطوط انتقال گاز در خاک عراق است. ترکیه نیز از دیگر مشتریان مهم گاز ایران است که در حال حاضر جریان صادرات گاز ایران به ترکیه روال عادی خود را دارد. در این سال ۶۹/۶ درصد گاز صادرشده ایران، به کشور ترکیه تحویل شده است.

صادرات گاز به ارمنستان نیز در قالب تهاتر گاز و برق اجرا می‌شود. افزایش میزان صادرات گاز ایران به ارمنستان بستگی به میزان آمادگی طرف ارمنی برای دریافت گاز و تأمین بیشتر برق از سوی این کشور دارد. در سال ۱۳۹۶ حدود ۳۷۵ میلیون مترمکعب گاز به ارمنستان صادر شده است. از دیگر شرکای تجاری گاز ایران آذربایجان و نخجوان هستند که در گذشته ایران، سوآپ گاز بین جمهوری آذربایجان و نخجوان داشت. در سال ۱۳۹۶، تحویل گاز به نخجوان پا بر جاست به طوری که در سال مزبور ۲۳۲/۶ میلیون مترمکعب گاز به این کشور صادر شده است. ایران چهارمین مصرف‌کننده گاز طبیعی در جهان است و با توجه به امکانات موجود ذخیره‌سازی و هم‌زمانی تولید با مصرف، تعدد و تنوع در زنجیره تأمین گاز طبیعی از جمله واردات، ضروری به نظر می‌رسد. در سال ۱۳۹۶ واردات گاز طبیعی از ترکمنستان نسبت به سال قبل ۳۳/۱ درصد کاهش یافت و از ۵/۸ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۵ به ۳/۹ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۶ رسید. گاز وارداتی از ترکمنستان عمدتاً در محدوده خراسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان واردات گاز ایران از ترکمنستان به دلیل بالا گرفتن مناقشات گازی و طلب گازی کاهش یافته است. همچنین در این سال واردات گاز طبیعی از آذربایجان به دلیل تحریم‌های جدید آمریکا و کاهش تجارت نفت و گاز با ایران، متوقف‌شده و آذربایجان در سال مذکور ۱۳۹۰/۱ میلیون مترمکعب گاز طبیعی از ایران وارد کرد (ترازنامه انرژی ۱۳۹۶).

۲-۵-۴- مصرف گاز طبیعی

مصرف گاز طبیعی به دودسته مصارف نهایی و مصارف بخش‌های مولد انرژی تقسیم می‌شوند. مصرف نهایی گاز طبیعی خود شامل دو بخش مصرف نهایی انرژی (مصارف بخش‌های خانگی، تجاری و عمومی، صنعت، حمل‌ونقل، کشاورزی و سوخت پتروشیمی) و مصارف نهایی غیر انرژی (به‌عنوان خوراک پتروشیمی) می‌گردد. مصارف بخش انرژی شامل سوخت پالایشگاه‌های نفت و گاز، ایستگاه‌های تقویت فشار، سوخت توربین‌ها و دیزل ژنراتورهای موجود در مسیر خط لوله و گاز مصرفی در نیروگاه‌ها، مصارف واحدهای کوره بلند، واحدهای کک‌سازی، مصارف تلمبه‌خانه‌ها و خوراک واحدهای هیدروژن‌سازی

است. در سال ۱۳۹۶ مصارف نهایی و مصرف بخش انرژی گاز طبیعی ۲۰۷/۵ میلیارد مترمکعب بود که نسبت به سال قبل ۴/۷ درصد افزایش داشت. در این سال سهم مصارف نهایی و مصارف بخش انرژی به ترتیب ۵۸/۴ و ۴۱/۶ درصد بود. در سال ۱۳۹۶ مصارف نهایی نسبت به سال قبل ۴/ درصد کاهش و مصارف بخش انرژی ۱۲/۸ درصد افزایش داشته‌اند. بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان نهایی گاز طبیعی به ترتیب با ۳۹/۱، ۲۲/۹ و ۲۱/۸ درصد، بخش‌های خانگی، صنعت و واحدهای پتروشیمی می‌باشند. در این سال بیشترین کاهش حجم مصرف گاز طبیعی به سوخت بخش خانگی با ۲۹۰۰/۴ و بیشترین افزایش در بخش صنعت با ۱۷۹۷/۵ میلیون مترمکعب اختصاص داشته است. کاهش ۳/۲ و ۵/۵ درصدی مصرف گاز طبیعی در بخش‌های تجاری و عمومی و همچنین بخش خانگی است. پس از آن، بیشترین میزان رشد مصرف گاز طبیعی مربوط به بخش کشاورزی با ۲۳۹/۸ میلیون مترمکعب افزایش (۱۲/۵ درصد رشد) است. بخش حمل‌ونقل نیز نسبت به سال قبل ۳۴/۷ میلیون مترمکعب افزایش مصرف داشته است. مصرف گاز در بخش نیروگاهی از ۶۱/۸ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۵ به ۶۹/۴ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۶ رسید که این امر عمدتاً ناشی از افزایش تولید گاز طبیعی و اعمال سیاست تخصیص حداکثری گاز به بخش نیروگاهی و کاهش مصرف سوخت‌های مایع و کاهش آلودگی هوا است. سرانه کل مصرف گاز طبیعی در کشور در سال ۱۳۹۶، با ۷۲/۸ مترمکعب افزایش نسبت به سال قبل به ۲۵۵۹/۷ مترمکعب رسید (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۶).

جداول زیر به ترتیب برآورد ذخایر و تولید انباشتی گاز طبیعی کشور، تولید گاز غنی از منابع مختلف و مصرف گاز غنی طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶ را نشان می‌دهد.

در جدول شماره (۲-۳) برآورد ذخایر و تولید انباشتی گاز طبیعی کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶ نشان داده شده است.

جدول (۲-۳) برآورد ذخایر و تولید انباشتی گاز طبیعی کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶

شرح / سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ذخایر قابل استحصال	۳۳/۱	۳۳/۶	۳۳/۸	۳۳/۸	۳۳/۹	۳۳/۴	۳۳/۷	۳۳/۸	۳۳/۳
مناطق دریایی	۲۰/۵	۲۰/۸	۲۰/۷	۲۰/۷	-	۲۰/۳	۲۰/۲	۲۰	۱۹/۶
مناطق خشکی	۱۲/۶	۱۲/۸	۱۳/۱	۱۳/۱	-	۱۳/۲	۱۳/۵	۱۳/۸	۱۳/۷
کل تولید انباشتی	۳/۴	۳/۶	۳/۸	۳/۸	۴/۳	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴
مناطق دریایی	۰/۵	۳	۰/۷	۰/۷	-	۱	۱/۲	۱/۳	۱/۵
مناطق خشکی	۲/۹	۰/۶	۳/۱	۳/۱	-	۳/۵	۳/۶	۳/۸	۳/۹

در جدول شماره (۲-۴) برآورد تولید گاز غنی از منابع مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶

نشان داده شده است.

جدول (۲-۴) تولید گاز غنی از منابع مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶

سال	گاز همراه	گاز کلاhek و سازندهای گازی	گاز میادین مستقل	جمع
۱۳۸۸	۱۰۰/۴	۲۸/۸	۵۴۳/۶	۵۸۲/۷
۱۳۸۹	۱۰۳/۲	۳۵/۸	۴۷۸/۵	۶۱۷/۴
۱۳۹۰	۱۰۳/۹	۲۹/۹	۴۹۷/۳	۶۳۱/۱
۱۳۹۱	۷۷/۲	۳۱/۹	۵۱۳/۱	۶۲۲/۲
۱۳۹۲	۷۶/۴	۳۰/۵	۵۲۸	۶۳۴/۸
۱۳۹۳	۷۸/۳	۲۸/۸	۵۷۴/۸	۶۸۱/۸
۱۳۹۴	۷۷/۳	۲۸/۷	۶۱۲/۹	۷۱۸/۸
۱۳۹۵	۹۶/۶	۲۷/۵	۶۵۴/۹	۷۷۹
۱۳۹۶	۱۰۲	۲۷/۸	۷۱۵/۱	۸۴۴/۹

در جدول شماره (۵-۲) مصرف گاز غنی کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶ نشان داده شده است.

جدول (۵-۲) مصرف گاز غنی از منابع مختلف کشور طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۶

سال	تحویلی به کارخانه‌ها گاز و گاز مایع	پالایشگاه-های گاز و واحدهای نم‌زدایی	تزریق	پتروشیمی	مصارف صنعتی، عملیاتی و خانگی	گاز سوزانده شده	تبدیل به مایعات گازی و خطای اندازه‌گیری	جمع
۱۳۸۸	۸۵/۹	۴۱۳/۹	۲۶/۵	۷/۱	۵	۴۱/۶	۲/۸	۵۸۲/۷
۱۳۸۹	۸۷/۴	۴۵۳/۸	۲۵/۶	۶/۷	۵/۵	۳۷/۲	۱/۱	۶۱۷/۴
۱۳۹۰	۷۸/۳	۴۶۹/۴	۳۱/۵	۷/۲	۶	۳۷/۵	۱/۳	۶۳۱/۱
۱۳۹۱	۷۴/۱	۴۹۱/۵	۱۸/۱	۶/۸	۴/۵	۲۵/۲	۱/۹	۶۲۲/۲
۱۳۹۲	۵۹/۷	۵۱۹/۶	۱۶/۵	۶/۷	۴/۴	۲۶/۱	۱/۹	۶۳۴/۸
۱۳۹۳	۶۸/۴	۵۶۶/۵	۶/۷	۷	۴/۵	۲۷/۲	۱/۶	۶۸۱/۸
۱۳۹۴	۷۸/۶	۵۷۵/۱	۲۳/۸	۶/۶	۴/۸	۲۴/۸	۵/۳	۷۱۸/۹
۱۳۹۵	۷۹/۳	۶۲۸/۱	۱۷/۳	۶/۵	۴/۷	۴۰/۶	۲/۶	۷۷۹
۱۳۹۶	۸۰/۵	۶۷۷/۱	۲۵/۳	۶/۳	۵/۱	۴۷/۳	۳/۴	۸۴۴/۹

۲-۵-۵- ذخیره‌سازی گاز طبیعی

عملیات تولید، پالایش، انتقال و توزیع گاز یک عملیات به هم پیوسته می‌باشد. همین فرآیند موجب

می‌شود که اگر هر یک از بخش‌های یادشده دچار اختلال شود، در تولید مستمر گاز اثرگذار باشد. از

طرفی شرایط اقلیمی کشور، نوسانات فصلی مصرف گاز را موجب می‌شود که با توجه به ظرفیت تولید

و انتقال ثابت، پوشش کامل نوسانات در اوج مصرف را دچار مشکل می‌کند. بر این اساس برای استمرار گاز رسانی کشورهای بزرگ دارنده ذخایر گاز، با استفاده از مخازن زیرزمینی طبیعی، مخازن ذخیره‌ای را در نقاط مختلف نزدیک به مبادی مصرف گاز تعبیه کرده‌اند. در حال حاضر تقریباً ۶۰۰ مخزن ذخیره‌سازی گاز طبیعی با مجموع ظرفیت ۳۳۱ میلیارد مترمکعب گاز در سراسر جهان وجود دارد که آمریکا با ۳۸۵ مخزن و با ظرفیت ذخیره‌سازی ۱۲۱ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی ۳۵ درصد ذخیره‌سازی گاز جهان را در اختیار دارد و ایران با افتتاح نخستین مخزن ذخیره‌سازی گاز طبیعی در سراجیه قم در بین ۳۳ کشور دارای این فناوری، در رده ۱۹ جهان قرار گرفته است. در کشور ایران با توجه به استانداردهای جهانی باید معادل ۱۰ تا ۱۵ درصد گاز مصرفی برای ذخیره‌سازی گاز طبیعی به‌ویژه در نزدیکی مبادی بزرگ مصرف گاز ظرفیت ایجاد کرد.

۲-۶- اصطلاحات گاز طبیعی و مشتقات آن

۲-۶-۱- اتان (C_2H_6)

اتان یکی از هیدروکربن‌های خانواده آلکان یا پارافین است. اتان در شرایط عادی یک هیدروکربن گازی شکل، بی‌رنگ و بی‌بو است.

۲-۶-۲- پروپان (C_3H_8)

پروپان نوعی هیدروکربن از دسته پارافین که در شرایط عادی (فشار و دمای معمولی) به‌صورت گاز است ولی به‌راحتی به مایع تبدیل می‌گردد. پروپان عضوی از گاز سیلندر یا گاز نفتی مایع شده است. عضو دیگر گاز سیلندر عبارت است از گاز بوتان.

۲-۶-۳- متان (CH₄)

ماده اصلی گاز طبیعی (متان) است. بسته به اینکه گاز طبیعی از کدام حوزه استخراج شده است درصد متان آن تغییر می‌کند؛ اتان، پروپان و بوتان از دیگر مواد تشکیل‌دهنده گاز طبیعی می‌باشند. متان گازی است بی‌رنگ و سبک‌تر از هوا، وزن مخصوص آن نسبت به هوا حدود ۰/۵۶ است. متان یکی از مواد اصلی پایه برای تولید محصولات پتروشیمی می‌باشد.

۲-۶-۴- گاز طبیعی خشک

گاز طبیعی پالایش‌شده یا گاز خشک گازی است که رطوبت آن در فرآیند نم‌زدایی کاهش یافته است. این گاز از طریق لوله قابل حمل و نقل است. در حرارت‌های پائین تبدیل به مایع می‌شود که اصطلاحاً به آن گاز طبیعی مایع‌شده می‌گویند.

۲-۶-۵- گاز مرطوب

گاز طبیعی استخراج‌شده را اصطلاحاً گاز مرطوب می‌گویند که بعد از نم‌زدایی گاز طبیعی خشک را نتیجه می‌دهد.

۲-۶-۶- گاز غنی

گاز خروجی از میادین نفتی و یا کلاهک‌های گازی و یا میادین مستقل گازی را اصطلاحاً (گاز غنی) می‌گویند. گاز غنی بعد از پالایش به (گاز سبک) تبدیل می‌شود.

۲-۶-۷- گازهای سبک

این گازها شامل هیدروژن و هیدروکربن‌های سبک است و به‌عنوان سوخت و یا خوراک پتروشیمی به کار می‌رود.

۲-۶-۸- گاز همراه

آنچه از میادین هیدروکربور استخراج می‌شود معمولاً ترکیبی از نفت و گاز می‌باشد. مسئله مهم، درجه ترکیب گاز و نفت است. اگر میزان نفت به مراتب بیش از گاز باشد اصطلاح (گاز همراه) را به کار می‌بریم، یعنی گازی که همراه تولید نفت به دست آمده است. اگر میزان گاز بیش از نفت تولیدی باشد، تولید اصلی درواقع گاز است ولی در عمل مقداری نفت به همراه گاز به دست آمده است که اصطلاحاً به آن (کندانه) می‌گویند.

۲-۶-۹- گاز مایع، گاز نفتی مایع

گاز مایع یا به اختصار (ال-پی-جی) مخلوطی از هیدروکربن‌های سنگین گازی شکل از سری پارافینی که به‌طور عمده از بوتان و پروپان تشکیل شده است و به آسانی به حالت گاز تبدیل می‌شود. تبدیل این گازها به مایع نظیر گاز طبیعی مایع به خاطر سهولت در امر انتقال آن‌ها است.

۲-۶-۱۰- گاز طبیعی فشرده

گاز طبیعی قابلیت تبدیل به گاز طبیعی فشرده (سی-ان-جی) را دارد و می‌توان آن را به عنوان سوخت اتومبیل مورد استفاده قرار داد.

۲-۶-۱۱- گاز طبیعی مایع شده

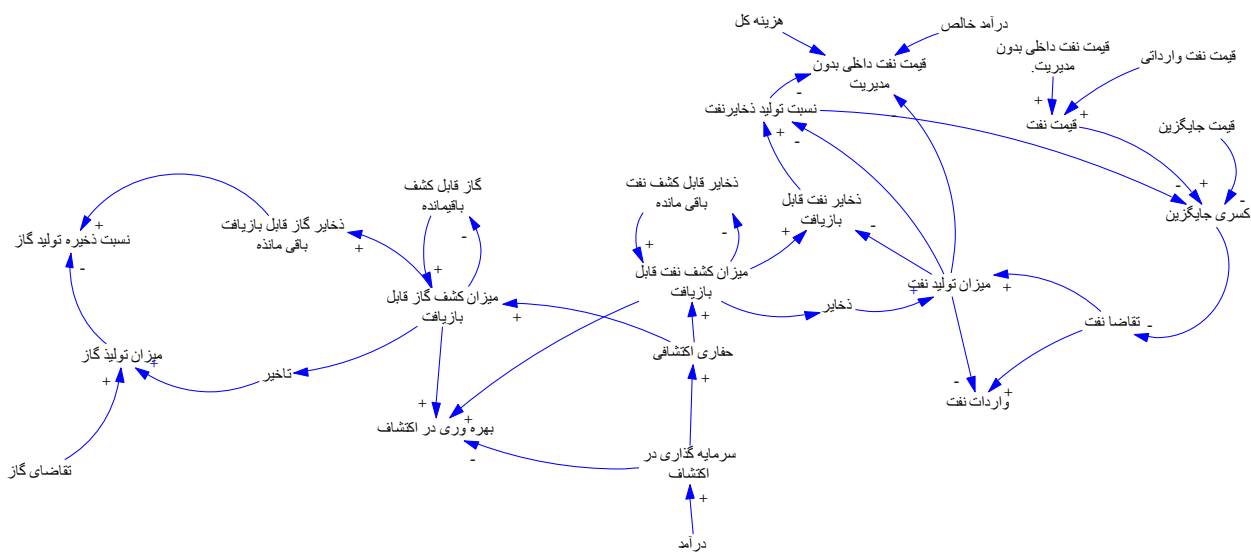
گاز طبیعی پالایش شده یا گاز خشک در حرارت‌های پائین تبدیل به مایع می‌شود که اصطلاحاً به آن گاز طبیعی مایع شده می‌گویند.

۲-۶-۱۲- مایعات گاز طبیعی

مایعات گاز طبیعی معمولاً همراه با تولید گاز طبیعی حاصل می‌شود، یعنی گازهای سبک‌تر در اثر تغییر دما و فشار به مایع تبدیل می‌شود. مایعات گاز طبیعی به وسیله دستگاه‌های جداسازی در میادین و یا در پالایشگاه‌های گاز از گاز طبیعی جدا می‌شود. مایعات گاز طبیعی را نباید با گاز طبیعی مایع‌شده، اشتباه کرد.

۲-۷- مرور ادبیات موضوع

اهمیت و نقش زنجیره تأمین گاز سبب شده است تا این مسئله مورد توجه محققان قرار گیرد. در مطالعات متنوعی به مسئله طراحی و ارزیابی عملکرد زنجیره گاز باهدف مدیریت تخصیص منابع پرداخته شده است. برای نمونه، جان رویت (۱۹۸۶) از یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی برای تخصیص گاز طبیعی کانادا به بازارهای داخلی و صادراتی ارائه داد که در مدل از مفهوم کاهش هزینه استفاده کرده و در سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه بر اساس فرضیات اشتباه مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. در مطالعه‌ای در مورد بهره‌برداری از صنعت نفت و گاز در هند، از سیستم‌های پویا برای مطالعه رفتار بلند مدت صنعت اکتشاف و بهره‌برداری نفت و گاز همچنین عوامل تاثیرگذار در این صنعت استفاده شده است. در این مطالعه صنعت اکتشاف و بهره‌برداری نفت و گاز همچون ظرفیت ذخایر هیدروکربنی، پویایی کشف و تولید هیدروکربن‌ها و همچنین محدودیت اقتصادی تولید و بهره‌برداری و تقاضای فزاینده برای نفت را در نظر گرفته‌اند تا به اهداف مدل مانند پویایی کشف و تولید ذخایر نفت و گاز، فعالیت‌های اکتشافی و بهره‌برداری در آینده و واردات نفت و پیش‌بینی حمله احتمالی جایگزین‌های نفتی به بازار و سیاست‌های جایگزین برسند (Chowdhury & Sahu, ۱۹۹۲).



شکل (۲-۲) مدل اکتشاف و بهره‌برداری صنعت نفت و گاز

برای پیش‌بینی دقیق تقاضای کوتاه مدت گاز طبیعی (NG) آزاده و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل با استفاده از سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه (ANFIS) ارائه دادند، به این دلیل که روش‌های متداول ممکن است نتایج دقیقی نداشته باشند هدف استفاده از این روش پیش‌بینی‌های دقیق‌تری در مورد تقاضای کوتاه مدت گاز طبیعی در آینده است. این روش می‌تواند داده‌های واقعی به دلیل پاسخ متفاوت و همچنین خطاهای اندازه‌گیری موجود را به دلیل غیرخطی بودن و عدم اطمینان و ابهام را کنترل کند و یک رویکرد یکپارچه برای کنترل پیچیدگی، غیرخطی بودن و فازی ترکیبی باشد. از آنجاکه انرژی یک منبع حیاتی است بنابراین برنامه‌ریزی برای تأمین انرژی برای تأمین تقاضا مسئله مهمی است و پیش‌بینی تقاضا نقطه آغاز برنامه‌ریزی انرژی در یک کشور است. نتیجه مدل ارائه‌شده تخمین بهتر و کاهش خطاها برای پیش‌بینی دقیق در محیط پیچیده است (Azadeh et al., ۲۰۱۰).

با توجه به اهمیت محیط‌زیست هولز و همکاران در پژوهشی بر نقش گاز طبیعی به عنوان انرژی پاک‌تر تأکید داشته‌اند. با توجه به هدف‌گذاری آینده اتحادیه اروپا از نظر زیست‌محیطی با تمرکز بر انرژی‌های پاک، استفاده از گاز طبیعی به جای سایر سوخت‌های فسیلی همچون زغال‌سنگ و نفت را پیشنهاد نموده‌اند که می‌تواند کربن‌دی‌اکسید کمتری را انتشار دهد. ایشان رویکرد دقیق‌تری به بخش

گاز طبیعی داشته‌اند و تمرکز خود را بر نیازهای زیرساختی برای تأمین انتقال به اقتصاد کم‌کربن معطوف نموده‌اند. به همین منظور از مدل جهانی گاز استفاده کرده‌اند و یک مدل مکمل بازار جهانی گاز طبیعی و سه مسیر بالقوه و کاملاً مخالف را برای نقش گاز طبیعی در اروپا را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند (Holz et al., ۲۰۱۳).

از آنجا که اولویت‌بندی تخصیص گاز طبیعی به بخش‌های مختلف داخلی حائز اهمیت می‌باشد، در پژوهشی هوتاگالونگ از مدل تعادل عمومی قابل‌محاسبه (CGE) برای اولویت‌بندی تخصیص گاز طبیعی به بخش‌های داخلی اندونزی استفاده کرد و با به‌کارگیری سناریوهای مختلف تأثیر کمبود گاز طبیعی بر متغیرهای کلان اقتصادی موردبررسی قرارداد و نتایج حاصل در اولویت‌بندی تخصیص داخلی بدین گونه است که ابتدا به بخش صنعت و سپس بخش پتروشیمی و تولید نفت خام و برق باشد (Hutagalung, ۲۰۱۴).

در پژوهشی علیخانی و همکاران مدلی برای تخصیص منابع گاز ارائه داده‌اند. با توجه به اینکه با تصمیم‌گیری چندمعیاره نمی‌توان مقدار زیادی از اطلاعات را دقیق بیان کرد، برای جلوگیری از عدم قطعیت و ابهاماتی که ممکن است مواجه شوند، به‌منظور مدیریت مؤثر عدم قطعیت و داده‌های ورودی پیشنهاد ترکیب برنامه‌نویسی هدف فاز (FGP) و برنامه‌نویسی اولویت فازی لگاریتمی (LFPP) را ارائه دادند. نتیجه آن‌یک مدل یکپارچه و چارچوب کارآمد برای تخصیص منابع گاز در سطح کشور با توجه به معیارهای مختلف در محیط نامشخص با استفاده از مجموعه فازی و نظریه‌های بهینه‌سازی و ارائه راه‌حل‌های معقول و منطقی برای پشتیبانی از تعدیل تقاضای موجود و الگوهای تأمین منابع گاز و همچنین برای هماهنگی تعاملات بین جنبه‌های اقتصادی، امنیتی و زیست‌محیطی تخصیص منابع گاز مفیدند است. نتیجه آن‌ها نشان می‌دهد که تزریق و صادرات و حمل‌ونقل اولویت بیشتری دارند. همچنین در پژوهشی دیگر علیخانی و آذر به ارائه مدلی جهت تخصیص منابع گاز طبیعی از برنامه‌ریزی غیرخطی و با به‌کارگیری برنامه‌ریزی تصادفی به دلیل آن‌که با شرایط عدم اطمینان از قابلیت بالاتری برخوردار است استفاده کردند تا تقاضا بر اساس گاز در دسترس تأمین شود و همچنین

تهدیدات (شامل تهدیدات سرمایه‌گذاری، فنی، مدیریت تقاضا و رشد و مصرف، سایر تهدیدات فیزیکی، قیمتی و بازاریابی، مدیریتی و سیاسی داخلی، سیاسی خارجی و بین‌الملل) ممکن در عرضه گاز طبیعی را نیز در نظر گرفتند. در مدل تخصیص منابع گاز طبیعی به زیر بخش‌های مصرفی در ایران با رویکرد هزینه امنیت انرژی انجام شده است و نتیجه گرفتند سهم بیشتری از گاز به ترتیب باید به بخش‌های خانگی-تجاری، نیروگاه‌ها، صنعت، تزریق گاز سبک، صادرات، پتروشیمی، تزریق گاز، حمل‌ونقل و کشاورزی اختصاص یابد (علیخانی و همکاران، ۱۳۹۱).

در پژوهشی دیگر با توجه به اهمیت تخصیص بهینه گاز طبیعی، معروف مشاط و ستاری؛ مدل ریاضی خطی برای برآورد تخصیص بهینه گاز طبیعی به بخش‌های مصرف‌کننده در سال ۲۰۲۵ در ایران ارائه دادند و به تخصیص گاز به بخش‌های مختلف و همچنین استفاده از گاز به جای محصولات نفتی و صادرات این محصولات و ایجاد درآمد به تحقیق پرداخته‌اند و سه سناریوی از روش برنامه‌ریزی خطی اجرا کردند. نتایج حاصل از سناریوها به این‌گونه است که برای جلوگیری از افت فشار در مخازن نفتی و استخراج نفت بیشتر باید تزریق به میادین انجام شود و صادرات به ترکیه به دلیل قراردادهای موجود باید انجام شود و برای غلبه به کمبود گاز در ماه‌های سرد سال باید از محصولات نفتی برای بخش صنعت و نیروگاه استفاده کرد، در این سناریو فاصله بین هزینه مصرف و درآمد زیاد است، گرچه باعث افزایش درآمد می‌شود. در سناریوی دوم وجود مدیریت مصرف برنامه‌ریزی شده می‌توان گاز کافی به تزریق تخصیص داده شود و همچنین برای آینده در ماه‌های سرد سال برنامه‌ریزی برای تخصیص به بخش مسکونی وجود داشته باشد. نتایج به‌دست‌آمده از سناریوهای اول و دوم نشان‌دهنده این است که برای جبران کمبود گاز برای بخش مسکونی نیاز به واردات است. نتایج سناریوی سوم بیانگر این است که اگر در ماه‌های سرد سال در نیروگاه‌ها از روغن گاز استفاده شود همچنین تخصیص به بخش‌های مختلف و صادرات انجام خواهد شد (Maroufmashat & Sattari, ۲۰۱۶).

از آنجاکه رابطه بین درآمد گاز طبیعی و تأثیر آن بر توسعه و آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد، دانش‌زندان و همکارانش؛ با استفاده از سیستم دینامیک یک مدل برای تجزیه و تحلیل تأمین و تقاضای گاز طبیعی

در آینده برای ایران تهیه کردند که این مدل رابطه بین درآمد گاز طبیعی و تأثیر آن بر توسعه و تولید گاز طبیعی را بررسی می‌کند. سیاست‌های فعلی فروش گاز طبیعی باقیمت‌های بسیار پایین باعث می‌شود درآمد گاز طبیعی داخلی کاهش یابد و این کاهش درآمد برای تأمین منابع توسعه گاز طبیعی کافی نیست و همچنین نمی‌تواند به پول حاصل از صادرات نفت خام ناشی از جایگزینی گاز طبیعی به جای نفت در بخش داخلی متکی باشد و باعث ایجاد شکاف پیش‌بینی‌شده بین عرضه و تقاضا در سال‌های آینده می‌شود که در سناریوهایی سیاست‌های مختلف مورد بررسی قرار دادند و نتیجه حاصل چگونگی سیاست قیمت‌گذاری انرژی در آینده است که باید به مرور تغییر کند تا امنیت سیستم انرژی را برای مدت طولانی تضمین کند (Daneshzand et al., ۲۰۱۸).

با توجه به ماهیت پویای مؤلفه‌های زنجیره تأمین گاز، دانش‌زندان و همکاران، در پژوهشی اقدام به معرفی یک مدل تحلیل سیستم‌های پویا نموده‌اند. در مدل یادشده، سیاست قیمت‌گذاری برای هر بخش به منظور تخصیص بهینه گاز طبیعی به بخش‌های مختلف تقاضای داخلی از جمله واحدهای مسکونی و تجاری، نیروگاه، صنعت، حمل‌ونقل، تزریق به میادین نفت و صادرات در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن، مجموعه اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی لحاظ شده‌اند زیرا مصرف گاز طبیعی در هر بخش آلاینده‌گی کمتر نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی دارد اما مصرف بالای آن مخازن تجدید ناپذیر گاز طبیعی را کاهش می‌دهد و خسارت‌های زیست‌محیطی به همراه دارد. هدف از معیارهای اقتصادی و زیست‌محیطی به حداکثر رساندن درآمد خالص و ارزش منابع زیرزمینی و به حداقل رساندن هزینه‌های کربن دی‌اکسید است که برای بررسی سیاست‌های بهینه در سه سناریو ارائه شده است. مدل توسعه داده شده توسط دانش‌زندان و همکارانش برای مورد مطالعه ایران پیاده‌سازی شده است. نتایج مطالعه حاکی از آن است که ادامه روند فعلی منجر به ایجاد شکاف بین عرضه و تقاضا خواهد شد. نتیجه‌گیری از سه سناریوی برنامه‌ریزی نشان می‌دهد که تخصیص و سهم گاز طبیعی به بخش مسکونی باید کاهش یابد و بیشترین سهم مصرف به صادرات اختصاص یابد. همچنین، فروش گاز طبیعی باقیمت‌های بین‌المللی حلقه تقویت‌کننده درآمد را فعال خواهد کرد و ارزش خالص درآمد سالانه را افزایش می‌دهد. برای فعال

بودن حلقه عرضه-درآمد، صادرات اولویت بالاتری نسبت به تزریق به میادین نفت را خواهد داشت. نتایج حاصل از مسیرهای قیمت در سناریوها و بهینه‌سازی‌های متفاوت در مدل موردبررسی نشان می‌دهد که نرخ رشد قیمت در بخش حمل‌ونقل باید کمترین میزان در بین بخش‌های داخلی را داشته باشد و تخصیص به بخش صنعت باید بسیار کاهش یابد و مصرف آن باید از طریق سیاست‌های قیمت‌گذاری محدود شود (Daneshzand et al., ۲۰۱۹).

تخصیص بهینه گاز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و پژوهش‌های گوناگونی در این زمینه انجام شده است، رنانی و همکارانش در مطالعه‌ای به تخصیص بهینه گاز و همچنین مقدار مصرف بخش‌های مختلف در دوره ۱۴۱۰-۱۳۸۵ با استفاده از برنامه‌ریزی پویای غیرخطی مدلی را ارائه داده‌اند. با تعریف یک تابع رفاه اجتماعی مسئله تخصیص گاز به مصارف مختلف با مدل پویای غیرخطی موردبررسی قرار دادند. در مدل‌سازی محدودیت‌های تولید گاز در سال‌های آینده، حجم گاز موردنیاز برای تزریق، رشد مصرف گاز در داخل کشور و سایر پارامترها و متغیرها اثرگذار نیز بر تخصیص بهینه منابع گاز موردتوجه قرار گرفتند. همچنین بخش‌های تقاضا به پنج گروه تقسیم شده‌اند که شامل بخش‌های مصارف داخلی گاز شامل مصارف نهایی (خانگی و تجاری، نیروگاهی و حمل‌ونقل) و مصارف واسطه (مصارف صنعتی و پتروشیمی)، تزریق، خالص صادرات، واردات و تلفات (مصارف عملیاتی و گازهای سوزانده شده) است. آن‌ها نتیجه گرفتند که برای تعیین اولویت‌های کاربرد ذخایر گاز در ایران باید محدودیت‌های تولید گاز، سیاست انرژی، نرخ تنزیل، هدف‌گذاری تزریق برای حفظ فشار مخازن، فشار افزایشی متوسط یا بالای مخازن نفت و واردات گاز موردتوجه باشد (رنانی و همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه به محدود بودن منابع گاز طبیعی و پاسخ‌گویی به بخش‌های مختلف محقر و همکارانش در پژوهشی به ارائه منابع گاز طبیعی به بخش‌های مختلف به بررسی اولویت بندی مصرف و تخصیص گاز طبیعی به بخش‌های مختلف با توجه به محدودیت منابع پرداختند. با استفاده از رویکرد فازی شاخص‌های مهم بخش مصرف را اولویت‌بندی و تعیین کردند که شاخص‌ها به ترتیب شامل امنیت انرژی، شاخص کارایی مصرف انرژی، ارزش افزوده، امنیت در سطح بین‌الملل، تأثیرات توسعه‌ای در

سطح کشور، هزینه تمام شده، بازار مناسب و تأثیرات زیست محیطی شده می باشند و سپس با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه ی **TOPSIS** بخش های مختلف مصرف اولویت بندی موزون شده تا با بکارگیری تکنیک تصمیم گیری چند هدفه ی برنامه ریزی آرمانی **GP** تخصیص منابع گاز طبیعی انجام شد که به ترتیب باید به تزریق در میادین نفتی، بخش های مصرف حمل و نقل و صنایع گاز، نیروگاه های برق، بخش خانگی-تجاری و عمومی، بخش صادرات گاز طبیعی مایع شده **LNG** و سپس صادرات از طریق خط لوله **NG** و در نهایت به بخش صنایع پتروشیمی اختصاص داده شد (محقر و همکاران، ۱۳۸۹).

کاظمی و همکارانش در پژوهشی دیگر به تخصیص بهینه انرژی به بخش های مختلف خانگی، تجاری، حمل و نقل، صنایع، کشاورزی، صادرات، تزریق به مخازن نفتی و نیروگاه ها به عنوان تولید کننده انرژی ثانویه با به کارگیری مدل برنامه ریزی خطی چند هدفه ارائه دادند. برای پیش بینی تقاضای از داده های سال های ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۷ استفاده کردند و به تخصیص بهینه منابع انرژی با توجه به اهداف مختلف همچون کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و حفظ امنیت سیاسی و امنیت انرژی و حفظ منافع اقتصادی طی سال های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ پرداختند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۰).

محقر و همکارانش با به کارگیری مدل سیستم پویا، سیاست های مختلف صنعت نفت را مورد بررسی قرار داده اند. با توجه به اینکه سهم مصرف بخش خانگی افزایش یافته است و این روند صعودی کشور را با مشکل مواجهه خواهد کرد به همین دلیل با ارائه گزینه هایی به دنبال راه حل پرداختند (محقر و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به کمبود منابع گاز الهی و همکاران، اولویت بندی تخصیص گاز طبیعی به بخش های مختلف برای جلوگیری از بحران کمبود گاز در آینده انجام دادند و هشت گزینه تصمیم گیری برای تخصیص گاز طبیعی شامل خانگی و تجارت، صنایع، نیروگاه ها، تزریق به مخازن نفتی، خوراک پتروشیمی، صادرات از طریق خط لوله **NG** و صادرات به صورت **LNG** (گاز طبیعی مایع) و حمل و نقل است و شش معیار در نظر گرفتند که شامل پایداری و استفاده بهینه از شبکه گاز طبیعی، تولید صیانتی از مخزن، حضور

در بازارهای بین‌المللی، منافع و امنیت ملی کشور و رفاه اجتماعی منافع ذی‌نفعان طرف عرضه است که با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی **AHP** برای اولویت‌بندی عرضه گاز استفاده کردند. سپس با نرم‌افزار **Export Choice** اولویت‌بندی تخصیص گاز را ارائه دادند که به ترتیب به بخش‌های تزریق به مخازن نفتی، گازرسانی به نیروگاه‌ها، صادرات، خوراک واحدهای پتروشیمی، گازرسانی به صنایع، گازرسانی به واحدهای خانگی-تجاری و حمل‌ونقل ارائه دادند (الهی و همکاران، ۱۳۹۵).

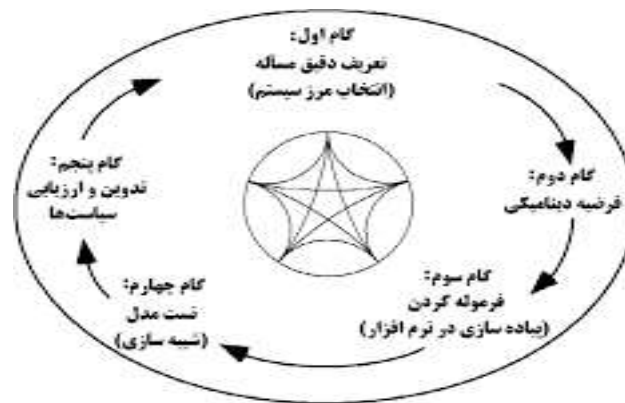
تاری و همکاران، در پژوهشی به تخصیص گاز طبیعی به بخش‌های مختلف با توجه به سیاست اقتصاد مقاومتی پرداختند. ابتدا شاخص‌های مهم جهت اولویت‌بندی از طریق خبرگان شناسایی کردند، این شاخص‌ها شامل ارزش‌افزوده، اشتغال‌زایی، امنیت انرژی، الزامات استراتژیک، متنوع‌سازی سبد انرژی و عدالت اجتماعی می‌باشند. با استفاده از آنالیزی وزن نسبی شاخص‌ها را مشخص کردند و در نهایت با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ی **TOPSIS** اولویت‌بندی سهم بهینه بخش‌های مختلف انجام و با استفاده از سهم بهینه بخش‌های مختلف و تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی **GP** نتیجه گرفتند که تخصیص به ترتیب به بخش‌های صادرات، تزریق به میادین نفتی، پتروشیمی، صنعت، نیروگاه‌ها و خانگی-تجاری است (تاری و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۸- روش‌شناسی سیستم‌های پویا

پویایی‌شناسی سیستم یک روش‌شناسی شبیه‌سازی و مدل‌سازی برای تحلیل و تصمیم‌گیری‌های بلندمدت در مسائل پویایی مدیریت صنعتی در سال ۱۹۶۰ توسط فورستر مطرح شد. فورستر و گروهش تحقیقاتی را در موسسه فن‌آوری ماساچوست بر مبنای رویکرد سیستمی، ارائه دادند. با استفاده از مدل‌های ذهنی افراد را در خصوص روابط حلقه‌ای علت و معلولی میان پدیده‌ها به تصویر کشیدند. در این روابط تعدادی متغیر نشان داده می‌شود که با یکدیگر یک کل مرتبط را شکل می‌دهند و رفتار مشخصی را نشان می‌دهند. ارائه این تحلیل‌های پویا از مجموعه متفاوتی از متغیرها با گذشت زمان با

استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری تکمیل‌تر و حلقه‌های بازخوردی علت و معلولی به آن‌ها اضافه شد، این مدل‌ها در چیزی که فورستر سیستم‌های پویا نامید، به اوج می‌رسد (استرمن، ۱۳۸۶).

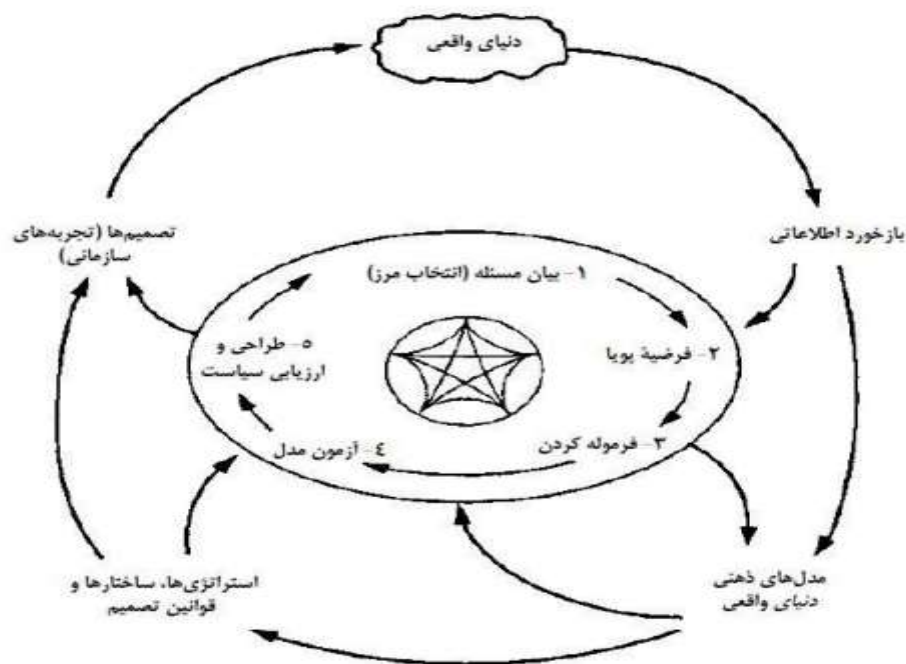
پویایی سیستم بر اساس ساخت مدل است. شکل (۲-۴) روند مدل‌سازی را نشان می‌دهد. این روش یک فرایند پنج مرحله‌ای برای مدل‌سازی پیشنهاد می‌کند که توسط استرمن ارائه و همان‌طور که در شکل نشان داده شده این فرایند یک فرایند تکراری می‌باشد. نتایج در هر بار داده‌هایی را فراهم می‌کند که می‌تواند به تجدید نظر و اصطلاحات در هر بار قبلی منتهی شود. پیوندهای مرکز شکل این را نمایش می‌دهند (استرمن، ۱۳۸۶).



شکل (۲-۴) فرایند مدل‌سازی در سیستم‌های پویا

در شکل (۲-۴) فرایند مدل‌سازی در پویایی سیستم نشان داده شده است. درواقع مدل‌سازی بر پایه پویایی سیستم شامل تکرار مداوم بین آزمون‌ها و آموزش در دنیای غیرواقعی و تجارب و آموزش در دنیای واقعی است که راهبردها، قالب‌ها و قوانین تصمیم‌گیری مورد استفاده در دنیای واقعی می‌توانند در دنیای غیرواقعی (مدل) عرضه و آزمایش شوند. تجربیات و آزمایش‌ها مدل‌های ذهنی ما را تغییر می‌دهد و منجر به طراحی راهبردها، قالب‌ها و قوانین تصمیم‌گیری جدید شده و آنگاه در دنیای واقعی سیاست‌های جدید اعمال می‌شود، شکل (۲-۵) بیانگر اثر بازخورد و دستیابی به اصلاحات و دیدگاه‌های

نوین و بیشتر در هر دو مدل ذهنی و رسمی می‌باشد. مدل‌سازی فعالیتی نیست که در مرتبه اول پاسخ بدهد به عبارت دیگر یک‌باره نیست؛ بلکه یک چرخه مداوم میان دنیای واقعی و دنیای غیرواقعی است (استرمن، ۱۳۸۶).



شکل (۲-۵) فرایند مدل‌سازی در پویایی‌شناسی سیستم (استرمن ۲۰۰۰)

۲-۹- اهداف مدل‌سازی

انتخاب درست صورت‌مسئله مهم‌ترین مرحله در مدل‌سازی است. به کارگیری دو ابزار تعیین افق زمانی و رفتار مرجع برای بیان مسئله ضروری است. درواقع رفتار مرجع، با جست‌وجو در بازبینی رفتار متغیر یا مسئله مدنظر در گذر زمان را موردبررسی قرار می‌دهد که با جست‌وجو در رفتار قبلی متغیر می‌تواند برآوردی از رفتار آن در آینده باشد. تعیین افق زمانی به‌طور قابل‌توجهی بر درک ما از مسئله تأثیر می‌گذارد. همچنین افق‌های زمانی طولانی‌مدت در مدل‌سازی بر اساس پویایی سیستم در نظر گرفته می‌شوند و این قدرت زیادی به مدل می‌بخشد، باید توجه داشت افق زمانی به مقداری باشد که

تأثیرات تصمیمات غیرمستقیم و همچنین اثر تأخیرات را با توجه به آینده در برگیرد و بتوان با مشاهده گذشته در گذر زمان نحوه و علل پیشامدهای پدیده مطالعاتی را دریافت کند. مدل ساز در این حالت نخستین تعریف مسئله را به روش گفت و گو با گروه کارفرما، بازبینی داده‌های بایگانی، گردآوری داده‌ها، مصاحبه و رؤیت صحیح برمبنای هدف‌های اصلی جمع‌آوری و در نهایت انتخاب می‌کند (استرمن، ۱۳۸۶).

۲-۱۰- تدوین فرضیه‌های پویا

پس از شرح مسئله برای رفتار موردنظر، مدل ساز فرضیه و تئوری ارائه می‌دهد. تئوری دلیل رفتار مسئله را شرح می‌دهد. درواقع هدف از تدوین فرضیه پویا، شرح رفتار مدل می‌باشد. این فرضیه با توجه به ساختار جریان و انباشت و بازخوردهای مهم شرحی از ویژگی‌ها را ارائه می‌کند (استرمن، ۱۳۸۶).

۲-۱۱- جدول شرایط مدل

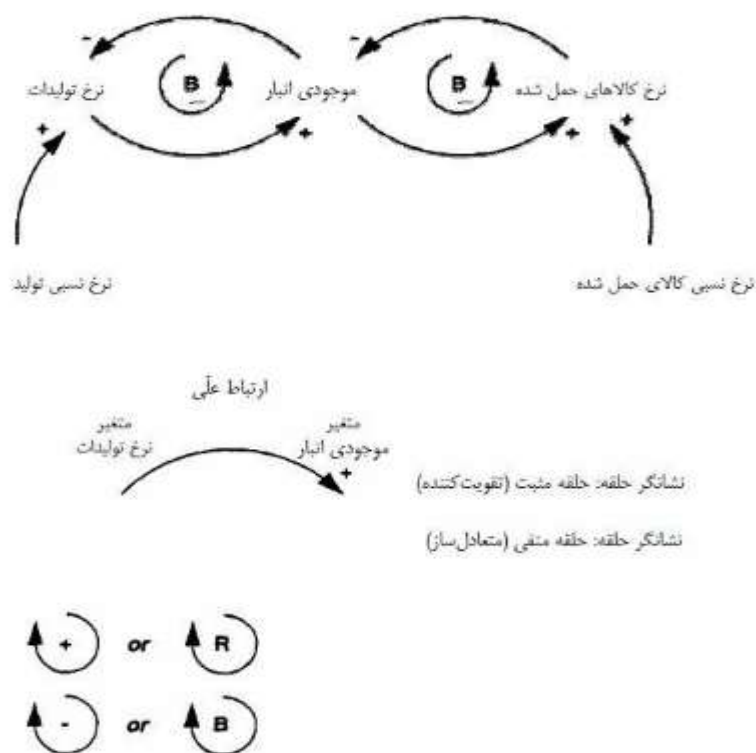
متغیرهای مدل در کل به متغیرهایی که در نظر گرفته نشده‌اند و متغیرهای بیرونی و درونی دسته‌بندی می‌شوند. به‌طور کل خطاهای مدل درواقع متغیرهایی هستند که در نظر گرفته نشده‌اند و متغیرهای بیرونی از بیرون به مدل وارد می‌شوند و متغیرهای درونی درواقع برخاسته از خود مدل می‌باشند.

۲-۱۲- نمودار حلقه‌های علی

در فرآیند مدل‌سازی، پس از شناسایی متغیرهای مؤثر بر مدل در نمودار، ضمن تعیین رابطه علیت بین دو یا چند متغیر، جهت تأثیر آن متغیرها را تعیین می‌کنیم. در ترسیم رابطه بین متغیرها، نوع رابطه مثبت و منفی بین متغیرها تعیین می‌شود و سپس حلقه‌هایی توسط این اتصالات به دست می‌آیند که می‌توانند حلقه‌های مثبتی باشند. این حلقه‌ها ابزار مفیدی برای ترسیم بازخورد سیستم در

موارد مختلف هستند. شکل زیر (۶-۲) مثالی از فرآیند تولید، موجودی کالا و کالاهای حمل شده را نشان می‌دهد.

موجودی کالا به میزان تولید و نرخ کالای حمل شده مربوط می‌شود. به هر رابطه علت یک علامت مثبت (+) یا منفی (-) اختصاص داده می‌شود که قطبیت را نشان می‌دهد. این نمادها نشان می‌دهد که هنگام تغییر متغیر مستقل، چه تغییری در متغیر وابسته رخ می‌دهد. حلقه‌های مهم توسط نشانگر حلقه به صورت پررنگ تر نشان داده می‌شوند که نشان‌دهنده بازخورد مثبت است. حلقه به معنای تقویت کننده یا منفی به معنی تعادل است. نشانگر حلقه در همان جهت خود حلقه می‌چرخد. در این مثال، بازخورد منفی مربوط به نرخ تولید و موجودی کالا به همراه نشانگر حلقه آن در جهت عقربه‌های ساعت است. پیوند منفی دیگر قیمت کالاهای ارسال شده و موجودی کالا به همراه نشانگر آن‌ها در جهت مخالف حرکت عقربه‌های ساعت است. رابطه مثبت به این معنی است که وقتی افزایش یا کاهش علتی رخ می‌دهد، اثر نیز بیشتر یا کمتر از آنچه در گذشته بود کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، افزایش در نرخ نسبی تولید به این معنی است که میزان تولید (تعداد تولید در هر نوبت) بالاتر از حد انتظار خواهد بود و کاهش در نرخ نسبی تولید باعث می‌شود که میزان تولید از آنچه که در آن است کاهش یابد. باید باشد یعنی اگر متوسط ظرفیت تولید کالا افزایش یابد، میزان تولید افزایش می‌یابد و در نتیجه موجودی کالا افزایش می‌یابد و اگر افت در ظرفیت تولید متوسط کالا وجود داشته باشد، تعداد محصولات کاهش می‌یابد. همبستگی منفی همچنین به این معنی است که اگر علت افزایش یابد، نتیجه از آنچه باید باشد کاهش می‌یابد و اگر علت کاهش یابد، نتیجه فراتر از آنچه باید باشد. در مثال، افزایش قیمت کالاها افزایش می‌یابد. ارسال شده نشان می‌دهد که موجودی کالا کمتر از حد مجاز خواهد بود و اگر قیمت کالاهای حمل شده کاهش یابد، میزان موجودی کالا بیشتر و بیشتر می‌شود (استرمن، ۱۳۸۶).



شکل (۶-۲) نمودارهای حلقه علی و معلولی استرمن

۱۳-۲- دیاگرام انباشت و جریان مدل

نمودارهای حلقه‌های علی مجموعه مناسبی برای نشان دادن همبستگی‌های متقابل و فرآیندهای بازخوردی بودند. این نمودارها به صورت مؤثر در ابتدای پروژه‌های مدل‌سازی به منظور دست یافتن به مدل‌های ذهنی و همچنین برای ایجاد ارتباط بین نتایج حاصل از مدل‌سازی به کار می‌روند. با این حال دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشند که یکی از مهم‌ترین این دو مفهوم بازخورد محدودیت‌ها عدم توانایی در به دست آوردن ساختار جریان و انباشت سیستم‌ها است. انباشت‌ها و جریان‌ها به همراه اصلی در تئوری سیستم‌های پویا به شمار می‌آیند. منظور از انباشت در واقع همان تجمعات است. انباشت‌ها نشان‌دهنده وضعیت سیستم هستند و حاوی اطلاعاتی که بر اساس آن تصمیمات اتخاذ و اقداماتی صورت می‌گیرد. انباشت‌ها باعث ماندگاری اطلاعات در سیستم‌ها می‌شود و حافظه‌ای برای آن‌ها فراهم می‌آورد. انباشت با ایجاد تجمع که در نتیجه اختلاف بین نرخ ورودی و نرخ خروجی یک فرآیند است،

تأثیرهایی را به وجود می‌آورد و همچنین عامل اختلاف بین جریان‌ها و نرخ‌های ورودی و خروجی است و در نتیجه منبع نامتعادل کننده پویایی سیستم‌ها است (استرمن، ۱۳۸۶).

۱۴-۲- متغیرهای اصلی دیاگرام‌های انباشت و جریان

متغیرهای اساسی مورد استفاده در سیستم‌های پویا شامل متغیرهای سطح، متغیرهای نرخ و ابرها (متغیر کمکی) می‌باشند.

۱۴-۲-۱- متغیرهای سطح:

درواقع همان انباشت‌ها هستند که سطح سیستم را تعیین می‌کنند و با مستطیل نمایش داده می‌شوند (استرمن، ۱۳۸۶).

۱۴-۲-۲- متغیرهای نرخ:

این متغیرها با فلش نشان داده می‌شوند و میزان جریان ورودی و خروجی را تغییر می‌دهند که باعث تغییر در سطح سیستم خواهند بود (استرمن، ۲۰۰۰). متغیرهای نرخ در یک بازه زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌شوند و در گذر زمان بر متغیرهای سطح تأثیرگذار می‌باشند (تیموری و همکاران، ۱۳۸۷).

۱۴-۲-۳- ابرها یا متغیر کمکی:

متغیر کمکی بیانگر مرز سیستم می‌باشند. برای اینکه نمودار حلقه‌های علی مثال شکل (۵-۲) توانایی فرموله شدن و اجرا توسط کامپیوتر را داشته باشد به دیاگرام انباشت و جریان تبدیل می‌شود که این دیاگرام در شکل (۷-۲) نشان داده شده است (استرمن، ۲۰۰۰). استفاده از این متغیرها باعث قابل فهم‌تر و کامل‌تر شدن مدل پویایی‌های سیستم می‌باشند و از دیدگاه نظری اختیاری خواهند بود (تیموری و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱۵- فرموله کردن

به محض اینکه، فرضیه پویای اولیه، مرز مدل و مدل مفهومی تدوین گردید، باید آن را آزمون کرد. قبل از آزمون مدل لازم است معادلات مربوط به متغیرهای سطح (انباشت‌ها) و متغیرهای نرخ (جریان‌ها) و سایر متغیرهای مدل تعیین گردد تا بر اساس این معادلات شبیه‌سازی مناسبی در جهت آزمون مدل صورت گیرد. درواقع با واردکردن معادلات، مدل‌های ذهنی به دنیای واقعی پیوند داده می‌شود. برای این منظور روش معمول در رسم دیاگرام‌های انباشت و جریان منطبق بر استعاره هیدرولیک است (شکل ۲-۸). درواقع، این استعاره می‌تواند برای این تفکر که انباشت را همانند وان آب در نظر بگیریم کمک‌کننده باشد مقدار آبی که در هر لحظه در وان وجود دارد برابر است با مجموع آبی که با جریان ورودی از شیر وارد وان می‌شود منهای مقدار آبی که از طریق لوله تخلیه‌ی انتهایی وان خارج می‌شود (فرض می‌کنیم هیچ آبی به اطراف پاشیده نمی‌شود و تبخیر نیز نمی‌گردد). دقیقاً به همین ترتیب در دیاگرام انباشت و جریان، مقدار مواد موجود در انباشت برابر است با مجموع جریان ورودی مواد به انباشت، منهای خروجی. اگرچه دیاگرام انباشت و جریان ظاهراً یکنواخت و تکراری است اما از نقطه نظر ریاضی، بسیار دقیق و جریان‌ها را انباشته و جمع نموده یا آن‌ها را ترکیب می‌کند، نرخ تغییرات انباشت برابر است با انباشت‌ها دارای معانی بدون ابهام است (استرمن، ۱۳۸۶).

جریان خالص ورودی به انباشت به همین علت است که ساختار نشان داده‌شده در شکل (۲-۸) دقیقاً برابر با معادله انتگرالی زیر است:

رابطه (۲-۱):

$$(\text{t.}) \text{ انباشت} + \int_{t_0}^t [(\text{S}) \text{ نرخ جریان خروجی} - (\text{S}) \text{ نرخ جریان ورودی}] ds = \text{انباشت}(\text{t})$$

آنجایی که نرخ جریان‌های ورودی در هر زمان بین زمان اولیه t تا زمان جاری t به‌عنوان ارزش جریان ورودی نشان داده‌شده است. نرخ خالص تغییر انباشت، برابر است با جریان ورودی منهای جریان خروجی که درواقع تعریف معادله دیفرانسیل (۲) است:

(t) نرخ جریان خروجی - (t) نرخ جریان ورودی = $dt / (t)$ انباشت

به طور کلی می توان گفت جریان ها تابعی از انباشت و دیگر متغیرها و پارامترهای حالت هستند. شکل (۲-۸) دو نمایش معادل از ساختار عمومی انباشت و جریان را نشان می دهد. شاید این طور به نظر برسد که وان و دیاگرام های انباشت و جریان در مقایسه با معادله های انتگرال و دیفرانسیل از دقت کمتری برخوردار هستند اما در واقع وان، دیاگرام ها و معادله های انتگرالی و دیفرانسیل هر چهار تا دقیقاً معادل می باشند و شامل اطلاعاتی یکسان هستند. از طریق هر سیستم انتگرالی و معادلات دیفرانسیل قادر خواهیم بود نمودار انباشت و جریان همانند رسم کنیم و از طریق نمودار انباشت و جریان می توانیم انتگرال یا معادله دیفرانسیل ایجاد کنیم (استرمن، ۱۳۸۶).

۲-۱۶- جمع بندی مرور ادبیات

با توجه به آن که گاز به عنوان انرژی پاک با آلاینده گی کمتر نسبت به سایر سوخت ها همچون زغال سنگ و نفت مورد توجه است و از آنجایی که انرژی تجدید ناپذیر می باشد و در آینده با کمبود آن مواجه خواهیم شد، تخصیص بهینه آن به بخش های مختلف از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود و مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. در پژوهش حاضر استفاده از فناوری در میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه نگاری و مدل سازی مخزن و نرخ بهره به عنوان یکی از مهم ترین عوامل که بتوان افزایش برداشت بیشتری از میادین خشکی و دریایی موجود داشته باشیم مورد توجه قرار گرفته است.

زمانی که تأثیر جنبه های مرتبط فنی در سیستم مدیریت یکپارچه مورد نظر باشد و توانایی تولید گاز بیشتر شود، این انرژی می تواند به بخش های مختلف داخلی و خارجی به صورت بهینه تخصیص یابد و از افزایش تولید گاز بتوانیم سهم بیشتری از صادرات نفت و گاز را مورد توجه قرار دهیم.

فصل سوم: روش شناسی پژوهش

۳-۱- مقدمه

با توجه به اینکه محیط پیرامون پیوسته در حال تغییر است مشکلات و مسائل پیش روی نیز در حال تغییر است و مدیران با تفکر بهتر باید بهترین تصمیم را در چنین شرایطی بگیرند. برای درک رفتار پیچیده می‌توان از سیستم‌های پویا استفاده کرد. درواقع پویا شناسی سیستم‌ها با فهم عمیق و تحلیل تأثیرگذاری بلند مدت پدیده‌ها منجر به گرفتن بهترین تصمیم می‌شود زیرا این روش به رفتار سیستم‌ها در طول زمان توجه می‌کند. مفهوم بازخورد درروش پویا شناسی سیستم‌ها یکی از مهم‌ترین عناصر است که این مفهوم در مقابل تفکر باز مطرح شده است، پیچیده‌ترین رفتارها از بازخوردهای اجزا ایجاد می‌شوند و هنر اصلی پویا شناسی سیستم‌ها تمرکز بر این فرآیندها و کشف و بررسی آن‌ها است. به عبارتی برای بالا بردن سطح یادگیری در سیستم‌های پیچیده از سیستم‌های پویا استفاده می‌شود.

پویایی‌شناسی سیستم‌ها روشی تلفیقی است و شامل دو بخش کیفی و کمی می‌شود. مدلی که بر اساس فرضیات دینامیکی که از طریق مصاحبه با خبرگان و مطالعه آمار و مرور ادبیات به دست می‌آید بخش کیفی روش تحقیق را شامل می‌شود و توسعه مدل در نرم‌افزار ونسیم و فرموله کردن مدل بخش کمی روش تحقیق است. درواقع جهت تحلیل داده‌ها در مدل‌سازی سیستم دینامیکی می‌توان از نرم‌افزار ونسیم که یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای موجود در این زمینه است بهره گرفت. این نرم‌افزار یکی از

نرم افزارهای تجاری مفید و در دسترس است که گسترش مدل های شبیه سازی پیوسته که به عنوان مدل دینامیک های سیستم شناخته می شوند را تسهیل کرده است.

۳-۲- روش پژوهش

معرفی گام های کلی تحقیق در شکل ۱-۳ نمایش داده شده است. جزییات اجرایی هر یک از گام ها در ادامه شرح داده شده است.



شکل (۱-۳) معرفی گام های کلی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات توصیفی- پیمایشی و از نظر هدف کاربردی است. متدولوژی انجام تحقیق بر مبنای مراحل کلی روش سیستم دینامیک است، به نحوی که در ابتدا با استفاده از مطالعه و

بررسی وضعیت موجود به شناخت متغیرهای سیستم مورد مطالعه پرداخته خواهد گردید. سپس به بررسی رفتار متغیرها در سیستم مورد مطالعه و دریافت نظر خبرگان از طریق مصاحبه‌های شفاهی با خبرگان روابط بین متغیرها شناسایی و دسته بندی خواهد گردید. پس از بیان فرضیه دینامیکی، نمودار علت- معلولی مربوط تهیه شده و پس از بررسی و اصلاح نمودار علی و معلولی، مدل نرخ و حالت تهیه می‌گردد. هم‌زمان با تکمیل مدل نرخ و حالت، فرمول‌های ریاضی تکمیل‌شده و مدل ریاضی شکل می‌گیرد. مدل طراحی و اجرا شده و رفتار متغیرها با رفتار گذشته آن‌ها در واقعیت مقایسه می‌گردد. همچنین روش‌های دیگر ارزیابی اعتبار مدل در رویکرد سیستم‌های پویا مانند آزمون کفایت مرزهای مدل، آزمون ساختار، آزمون حالت حدی، آزمون دیمانسیون و آزمون بازتولید رفتار مورد استفاده قرار خواهند گرفت. پس از اطمینان از توانایی مدل در شبیه‌سازی رفتار واقعی سیستم مورد مطالعه، با استفاده از نظرت خبرگان، مجموعه‌ای از سیاست‌ها در قالب سناریو برای بهبود مدل ارائه‌شده و نتایج این سیاست‌ها ضمن ارائه نحوه اعمال تغییرات در مدل، با اجرای مدل جدید نمایش داده خواهد شد. در پایان می‌توان با استفاده از ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره اقدام به رتبه‌بندی سناریوها و درنهایت انتخاب مطلوب‌ترین آن‌ها بر اساس معیارهای ارزیابی مستخرج از مدل نمود. از بزرگ‌ترین مزیت‌های پویایی سیستم تبدیل روابط کیفی به مقادیر کمی و قابل لمس است زیرا تصمیم‌گیری بر اساس کمیت‌ها دشوار و با ریسک بسیار زیادی همراه است. به‌وضوح روشن است که هدف پویایی سیستم کاهش ریسک و در حقیقت پیش‌بینی رفتار سیستم در مقابل استراتژی‌های گوناگون یا اثر عوامل محیطی است. در این فصل سعی بر آن است پس از تشریح روش پژوهش و نحوه گردآوری داده‌ها مورد نیاز، به بیان جامعه و نمونه آماری بایان چگونگی انتخاب نمونه پرداخته شود. در ادامه چگونگی اعتباربخشی به روش گردآوری داده‌ها تشریح می‌شود و در پایان روش اجرای پژوهش و نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها بیان می‌شود.

۳-۳- مراحل پویایی سیستم

برخلاف رویکردهای سنتی که بر روابط علی و معلولی خطی تأکید دارند، این رویکرد بر بازخورد بین متغیرهای سیستم متمرکز است. این تمرکز موجب می‌شود تا نگرشی جامع از دنیای واقعی ایجاد گردد و پویایی‌های پیچیده درون سیستم نمایان گردند. روش پویایی‌های سیستم را در قالب پنج گام تکرارشونده تعریف مسئله، توسعه فرضیه‌های پویا، مدل‌سازی و فرمول‌بندی، اعتبار‌سنجی مدل و تجزیه و تحلیل نتایج سناریو و ارزیابی سیاست‌ها معرفی می‌کند (استرمن، ۱۳۸۶).

در این فصل برای روش پژوهش مراحل زیر در نظر گرفته شده‌اند:

- مشخص و تعریف کردن مسئله
- مفهوم‌سازی سیستم
- فرموله کردن مدل تحقیق
- تجزیه و تحلیل رفتار مدل
- بکارگیری مدل یا اجرای آن

۳-۳-۱- تعریف مسئله

در فرآیند مدل‌سازی اولین و مهم‌ترین گام تعریف مسئله می‌باشد. به‌طور کلی در این گام واضح و شفاف خود مسئله تعیین می‌گردد اینکه مسئله چیست و چرا آن را مسئله تلقی می‌کنیم و به‌جای نشانه‌ها به مسئله می‌پردازیم.

با توجه به آن‌که گاز طبیعی نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی آلاینده‌گی کمتری دارد، مورد توجه بسیاری از کشورها می‌باشد. آنچه برای ما در این پژوهش حائز اهمیت است، بررسی چگونگی مدیریت منابع گاز طبیعی با در نظر گرفتن جنبه‌های فنی و اقتصادی مرتبط با آن است. برای این منظور،

مجموعه‌ای از فرضیه‌های پویا مدنظر قرار خواهند گرفت و بر اساس آن‌ها حلقه‌های علی و معلولی مرتبط توسعه داده خواهند شد.

۳-۳-۲- توسعه فرضیه پویا

پس از آن‌که مسئله مشخص شد، توسعه‌ی یک فرضیه انجام می‌گیرد که فرضیه‌ی پویا نامیده می‌شود، از آن‌جا که این فرضیه باید ماهیت پویای مسئله در قالب حلقه‌های بازخوردی را بیان کند آن را فرضیه پویا می‌نامند. درواقع ماهیت پویای مسئله در قالب حلقه‌های بازخوردی را وصف می‌نماید. فرضیه پویا در تحقیق حاضر عبارت است از:

درآمد حاصل از تولید و فروش گاز در کشور به میزان تولید گازی و تخصیص گاز تولیدشده به بازارهای متنوع داخلی و خارجی خواهد بود. این در حالی است که تخصیص منابع گاز خود وابسته به مجموعه عوامل فنی و اقتصادی متعددی هستند که در طی زمان دستخوش تغییرات گوناگون تحت تأثیر عوامل قانونی، اقتصادی، رقابتی و فنی قرار خواهند گرفت. میزان تولید گاز در کشور تحت تأثیر اندازه منابع گازی خشکی و دریایی موجود در دسترس خواهد بود. این در حالی است که اندازه منابع گازی به تفکیک نوع آن‌ها خود تحت تأثیر دامنه فعالیت‌های اکتشاف و استخراج هستند. فعالیت‌های استخراج و اکتشاف نیز وابسته به مجموعه‌ای از فعالیت‌های فناورانه خواهند بود.

۳-۳-۳- مدل‌سازی و فرمول‌بندی مدل

به‌طورکلی فرمول‌بندی یک مدل مفهومی درک کاملی برای محقق ایجاد می‌کند. فرمول‌بندی و مدل‌سازی از کل سیستم درک قابل قبولی ارائه می‌دهد تا مفهوم‌های مبهم قابل‌تشخیص باشند.

به‌طورکلی مدل‌ها نقش بسیار مهمی برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران در سازمان‌ها را دارند و سیستم‌های پویا برای این اهداف بسیار ارزشمند می‌باشند.

در این مرحله فرمول‌های مربوط به هریک از متغیرها با استفاده از روابطی که بین آن‌ها هست و همچنین همه‌پرسی از خبرگان و آمارهای گذشته تعریف و در نرم‌افزار ونسیم وارد می‌شوند.

۳-۳-۴- اعتبارسنجی مدل

از اعتبارسنجی برای اطمینان از ساختار مدل استفاده می‌شود. از آن جا که ساختار مدل؛ ساختار واقعی سیستم را شبیه‌سازی می‌کند و مدل‌سازی سیستم پویا را مورد تأیید قرار می‌دهد بنابراین اعتبار سنجی مدل به کار گرفته می‌شود (صالح و همکاران، ۲۰۱۰). در این روش، آزمون‌های گوناگونی باهدف ایجاد اطمینان از قابلیت اعتماد و معتبر بودن مدل انجام می‌گیرد. با به‌کارگیری آزمون‌های شرایط حدی و دیگر آزمون‌های رفتار می‌توان کاستی‌های مدل را یافت.

برای اعتبارسنجی مدل می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

آزمون مرز مدل: آیا متغیرها و مفاهیم مرتبط با موضوع که اهمیت دارند، در داخل مرز مدل می‌باشند و نسبت به مدل درون‌زا هستند؟

آزمون ساختار مدل: آیا دانش حاضر با ساختار مدل در مورد سیستم مربوط می‌باشد؟

آزمون تناسب ابعاد: آیا تناسب لازم بین ابعاد در نظر گرفته‌شده در معادلات موجود، وجود دارد؟

آزمون وضعیت حدی: آیا با ایجاد تغییرات زیادی در ورودی‌های مدل، رفتار مدل همچنان معنادار خواهد هستند؟

به‌عنوان مثال مواد در حال ساخت و سطح موجودی انبار به هیچ عنوان منفی نمی‌شوند.

آزمون بازتولید رفتار: آیا مدل، رفتار سیستم واقعی مورد مطالعه را به‌خوبی باز تولید می‌کند؟

۳-۳-۵- تحلیل و تجزیه نتیجه‌های سناریو و ارزیابی سیاست‌ها

پس از آن‌که از رفتار و ساختار مدل اطمینان حاصل شد، سناریوها و یا به عبارت دیگر سیاست‌هایی طراحی می‌شوند تا عملکرد مدل بهبود یابد و نتیجه‌های حاصل از بکارگیری این سناریوها تجزیه و تحلیل گردند.

۳-۳-۶- اعتبارسنجی الگو

اعتبار سنجی یک ابزار سیاست‌گذاری است و فرآیندی که بیانگر این موضوع می‌باشد که یک مدل چگونه سودمند و مفید خواهد بود. پس از تعیین روابط مدل پژوهش، برای اطمینان حاصل کردن از الگوهای مختلفی در نرم‌افزار ونسیم می‌توان استفاده نمود.

۳-۳-۶-۱- آزمون رفتار مجدد

در آزمون رفتار مجدد؛ رفتار شبیه‌سازی شده برای الگو بازتولید می‌شود تا با داده‌های واقعی مقایسه شود و هدف از این آزمون مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های واقعی برای اطمینان از صحت عملکرد رفتار الگو است.

۳-۳-۶-۲- تولید مجدد رفتار

یکی از مهم‌ترین تست‌های موجود تولید مجدد رفتار (مقایسه با داده‌های تاریخی) است. در این آزمون مشخص می‌شود که متغیرهای مدل تا چه حد می‌توانند مقدار داده‌های تاریخی را بازسازی کنند.

۳-۳-۷- تحلیل حساسیت شاخص‌های کلیدی مدل

هدف از تحلیل حساسیت، ارزیابی تغییرات مقادیر متغیرهای ثابت بر جواب نهایی مدل است.

۳-۴- تست مدل

با نوشتن اولین معادله، تست مدل نیز شروع خواهد شد. یکی از انواع تست مقایسه رفتار مدل با رفتار واقعی آن می‌باشد. همچنین در مدل ساخته‌شده باید تمام معادلات از نظر دیمانسیون درست باشند. همچنین تحلیل حساسیت مدل و بررسی سیاست‌های مختلف نباید طبق شرایط چه از نظر پارامتری و چه از نظر ساختاری خاصی صورت بگیرد. یکی دیگر از تست‌ها، بررسی مدل در شرایط مرزی است. شرایط مرزی حدود پارامترهای مدل می‌باشند که ممکن است در واقعیت اصلاً رخ ندهد ولی مدل طبق این شرایط باید درست عمل کند.

۳-۵- فرایند اجرای تحقیق

در این فصل مبانی نظری طرح تحقیق موردبررسی قرار خواهد گرفت. در پژوهش حاضر از ابزار سیستم‌های پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است که به بررسی و توضیح رویکرد سیستم‌های پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره و مراحل آن پرداختیم. با توجه به اینکه از ابزار سیستم‌های پویا استفاده شده است و برای تهیه نمودار در سیستم‌های پویا بر اساس اطلاعات حاصل از مصاحبه با خبرگان است. در ادامه به شیوه‌ی گردآوری داده‌ها و تشخیص متغیرها و نحوه‌ی تهیه‌ی مدل می‌پردازیم.

۳-۶- گردآوری داده‌ها

تحقیقاتی که به وسیله سیستم‌های پویا انجام می‌گیرند بر اساس مصاحبه با خبرگان، جمع‌آوری داده‌ها از بانک جهانی و همچنین از ترازنامه‌های انرژی به دست می‌آید. برای مسئله حاضر با توجه به مصاحبه‌هایی که با خبرگان صورت گرفت، متغیرهای مسئله شناسایی و روابط بین آن‌ها تعیین گردید

و در نتیجه نمودار علی-معلولی رسم گردید. با جمع‌آوری اطلاعات موردنظر و مصاحبه با خبرگان نیازمندی‌های اطلاعاتی پژوهش مورد نظر تکمیل گردید.

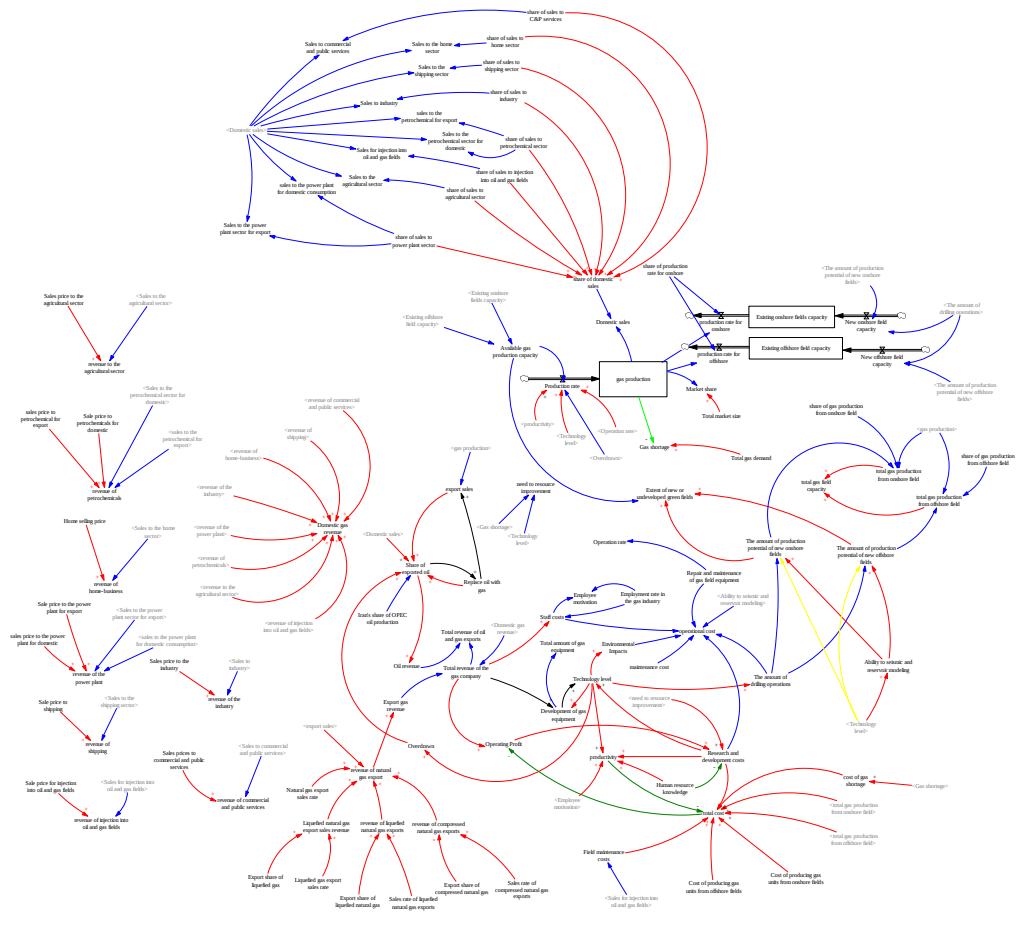
۳-۷- شناسایی متغیرها و پارامترها

پس از جمع‌آوری داده‌های موردنظر پژوهش با توجه به روش‌های اشاره‌شده، به شناسایی متغیرها با توجه به تعریف مفهوم هریک از آن‌ها پرداخته می‌شود. پس از آن که متغیرهای حالت و جریان پژوهش شناسایی شدند و انتخاب گردیدند، ساختار مدل موردنظر توسعه داده شد.

۳-۸- نمودار علی-معلولی

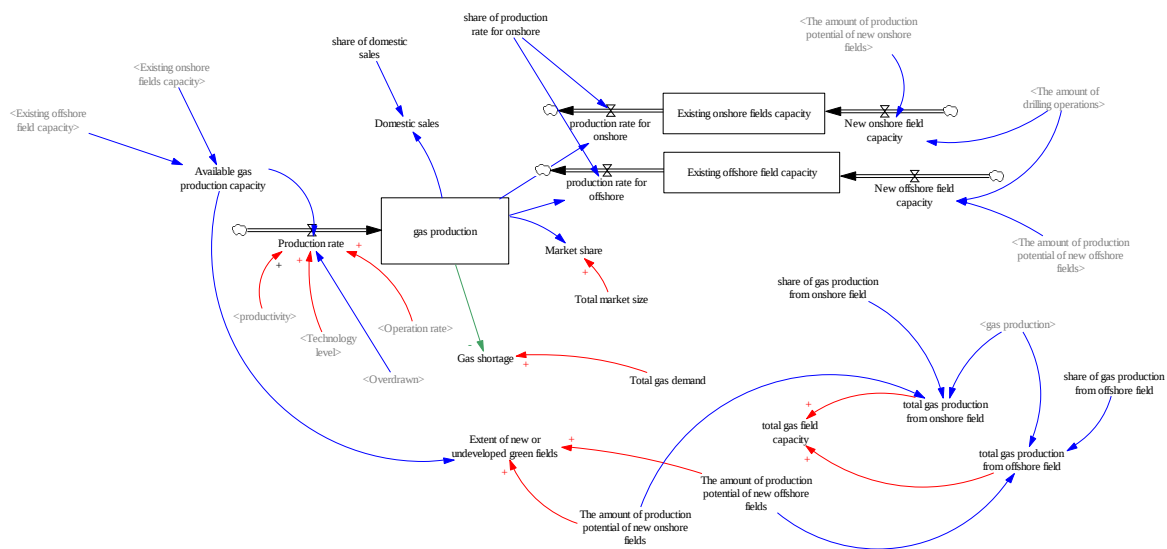
پس از شناسایی متغیرها نمودار علی-معلولی پژوهش ترسیم گردید. این نمودار از تعدادی متغیر تشکیل‌شده و از طریق پیکان‌ها به یکدیگر متصل می‌شوند که نشان‌دهنده اثرگذاری علی متغیرها هستند. در نمودار علی-معلولی بین متغیرها روابط رفت و برگشتی وجود دارد که در کاهش و یا افزایش یکدیگر تأثیرگذار هستند. علامت مثبت و منفی بیانگر نحوه تغییر متغیر وابسته زمانی که متغیر مستقل تغییر یافته، می‌باشد. به طور کل نمودار علی-معلولی برای نمایش ساختار بازخوردی استفاده می‌شود. درواقع این نمودار ابزاری مهم برای ساختار بازخوردی سیستم محسوب خواهد شد. هدف از رسم این نمودار بررسی تأثیرگذاری متغیرهای متفاوت بر افزایش تولید گاز و تخصیص آن به بخش‌های داخلی و خارجی می‌باشد.

در شکل (۳-۲) مدل علی-معلولی پژوهش نشان داده شده است.



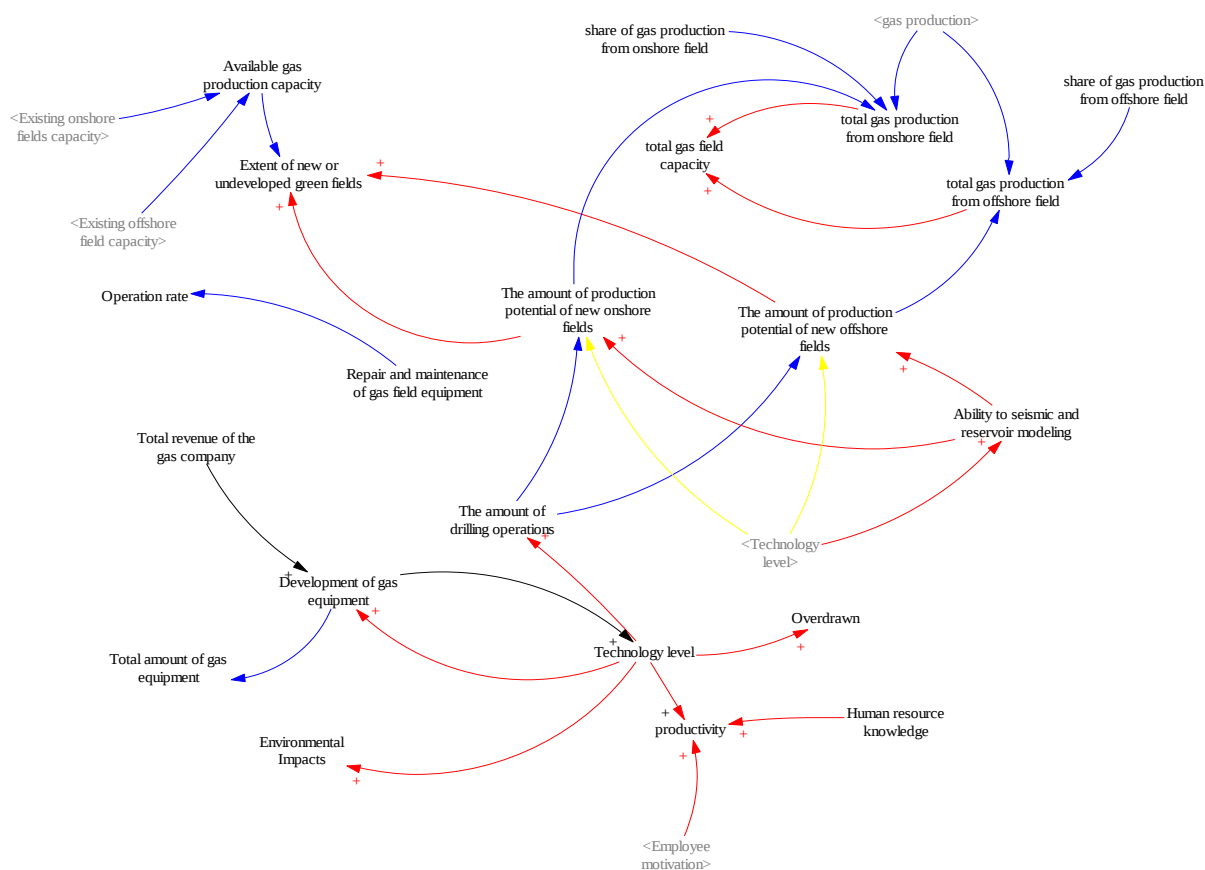
شکل (۳-۲) مدل علی-معلولی پژوهش

قسمتی از مدل پژوهش در شکل (۳-۳) نشان داده شده است. این شکل بیانگر میزان تولید گاز و پارامترهای تأثیرگذار بر آن می باشد که به شکل حلقه های علی-معلولی به یکدیگر متصل گردیده اند. ظرفیت جدید میادین دریایی و خشکی بر ظرفیت میادین دریایی و خشکی اثر مثبت و این اثر بر نرخ تولید از میادین خشکی و دریایی تأثیر مثبت خواهند گذاشت، نرخ تولید بر میزان تولید گاز و در نهایت بر سهم بازار و اندازه کل بازار اثر مثبت خواهد گذاشت.



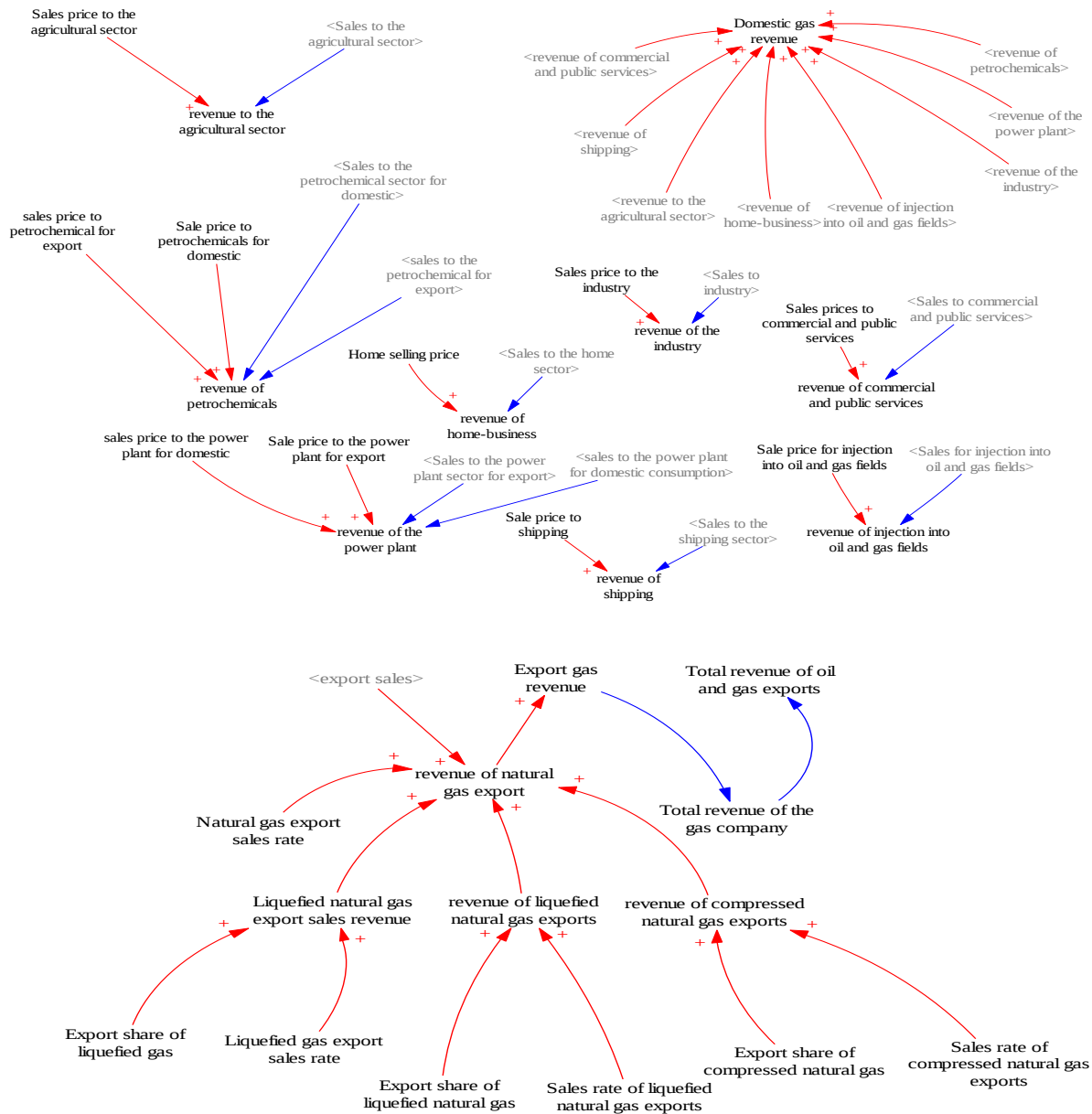
شکل (۳-۳) مدل میزان تولید گاز

قسمتی دیگری از مدل پژوهش در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. این شکل بیانگر استخراج گاز از کل ظرفیت در دسترس از میادین خشکی و دریایی و پارامترهای تأثیرگذار بر آن می باشد که به شکل حلقه های علی-معلولی به یکدیگر متصل گردیده اند. تکنولوژی بر تعمیرات و نگهداری تجهیزات میادین گاز و همچنین تعمیرات و نگهداری تجهیزات میادین گاز بر سطح تکنولوژی اثر مثبت دارند، سطح تکنولوژی بر توانایی لرزه نگاری و مدلسازی مخزن و میزان عملیات حفاری اثر مثبت و هر سه متغیر بر میزان پتانسیل تولید از میادین خشکی و دریایی جدید اثرگذار خواهند بود. میزان پتانسیل تولید از میادین خشکی و دریایی جدید بر تولید کل گاز به ترتیب از میادین خشکی و دریایی اثر دارند.



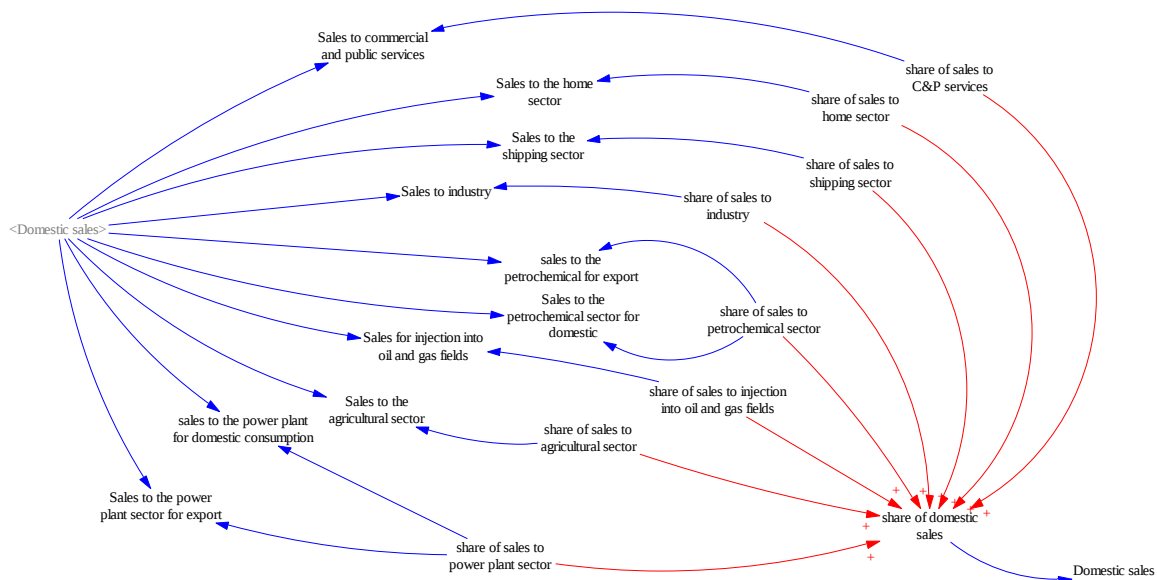
شکل (۳-۴) مدل استخراج گاز از کل ظرفیت در دسترس

در قسمتی دیگر از مدل پژوهش که در شکل (۳-۵) نشان داده شده است، درآمد حاصل از میزان تولید گاز و پارامترهای تأثیرگذار بر آن می باشد که به شکل حلقه های علی-معلولی به یکدیگر متصل شده اند.



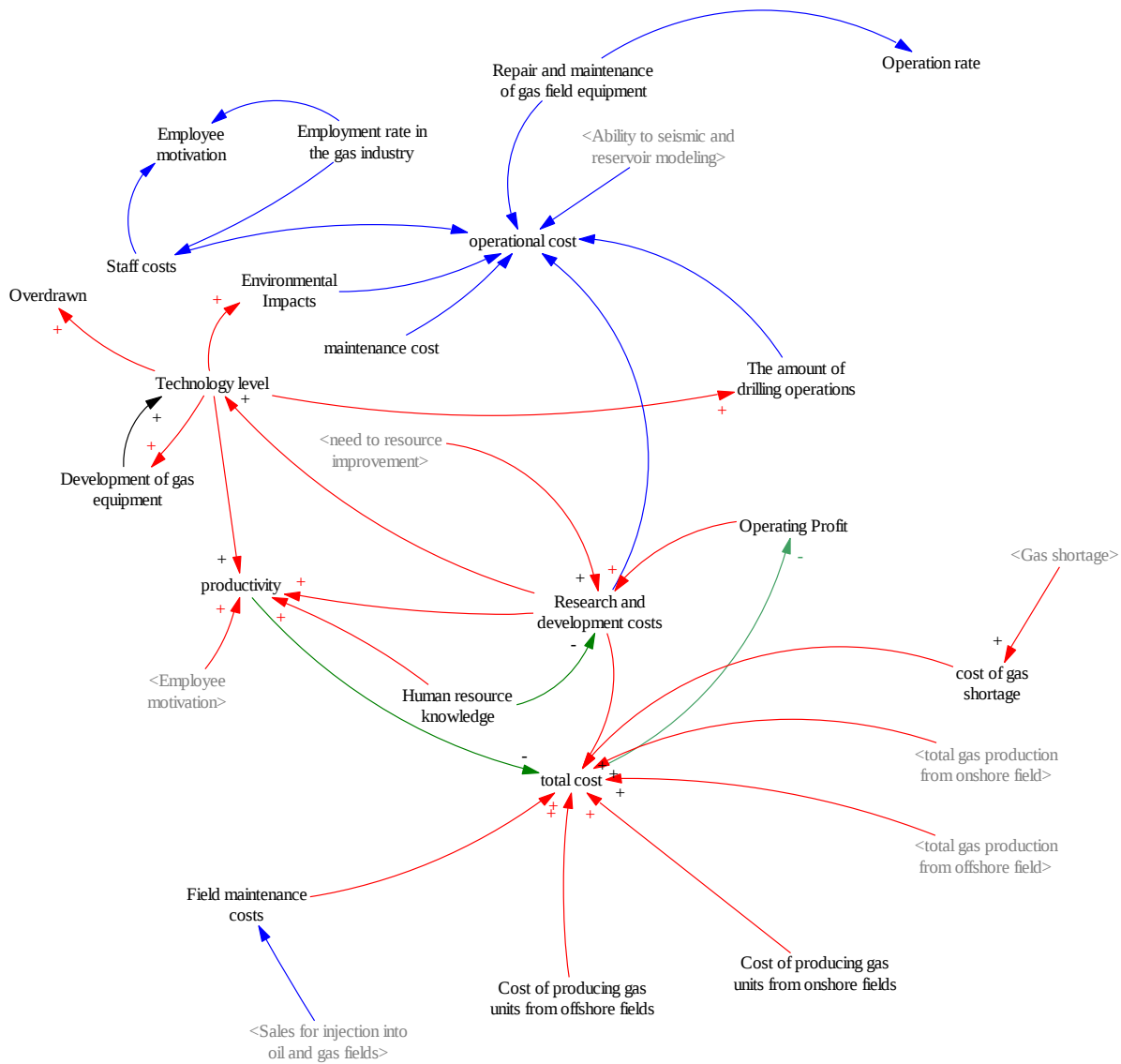
شکل (۳-۵) مدل درآمد حاصل از میزان تولید گاز

در قسمتی دیگر از مدل پژوهش که در شکل (۳-۶) نشان داده شده است، بیانگر مدیریت منابع و همچنین تخصیص و میزان فروش گاز به بخش‌های مختلف و پارامترهای تأثیرگذار بر آن می‌باشد که به شکل حلقه‌های علی-معلولی به یکدیگر متصل شده‌اند.



شکل (۳-۶) مدل مدیریت منابع و تخصیص و فروش به بخش‌های مختلف

در قسمتی دیگر از مدل پژوهش که در شکل (۳-۷) نشان داده شده است، بیانگر هزینه‌های ایجاد شده از میزان تولید گاز و پارامترهای تأثیرگذار بر آن می‌باشد که به شکل حلقه‌های علی-معلولی به یکدیگر متصل شده‌اند.



شکل (۳-۷) مدل هزینه

۳-۹- نمودار حالت جریان

شناسایی متغیرهای حالت و جریان روش‌های متفاوتی دارد. متغیرهای حالت وضعیت سیستم را مشخص می‌کنند و متغیرهای جریان نرخ تغییر وضعیت موجود در سیستم را نشان می‌دهد. در مدل ارائه‌شده، تولید گاز، ظرفیت میادین دریایی و ظرفیت میادین خشکی به‌عنوان متغیرهای حالت در نظر گرفته‌شده‌اند که اثر بالقوه برافزایش تولید گاز خواهند داشت. با شناسایی متغیرهای جریان نمودار حالت جریان ترسیم می‌شود. در این نمودار متغیرهای حالت وضعیت سیستم را تعیین خواهند کرد و بر اساس آن‌ها اقدام و تصمیم‌گیری‌های لازم صورت می‌گیرند.

۳-۱۰- متغیرهای حالت

در جدول (۳-۱) متغیرهای حالت پژوهش ارائه‌شده‌اند. این متغیرها از مطالعات ادبیات پیشین و مصاحبه با خبرگان شرکت ملی گاز ایران در راستای اهداف پژوهش حاصل گردیده است.

جدول (۳-۱) متغیرهای حالت در مدل پژوهش

متغیرهای حالت	
Gas production	تولید گاز
Existing onshore fields capacity	ظرفیت میادین خشکی
Existing offshore field capacity	ظرفیت میادین دریایی

۳-۱۱- متغیرها جریان

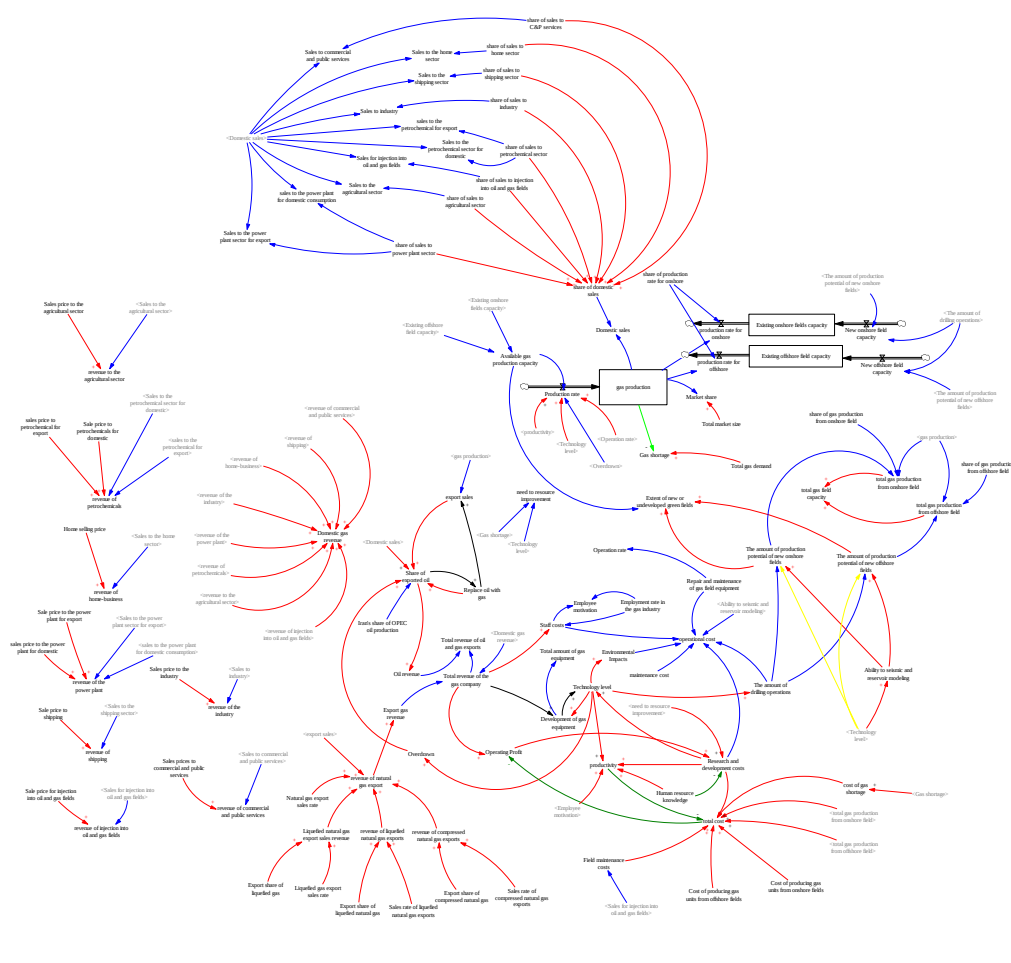
در جدول (۳-۲) متغیرهای جریان حاصل از مطالعات ادبیات پیشین و مصاحبه با خبرگان شرکت ملی گاز ایران در جهت اهداف پژوهش حاصل شده، ارائه گردیده است.

جدول (۳-۲) متغیرهای جریان در مدل پژوهش

متغیرهای جریان	
Ability to seismic and reservoir modeling	revenue of the industry
Available gas production capacity	revenue of the power plant
cost of gas shortage	revenue to the agricultural sector
Cost of producing gas units from offshore fields	Sale price for injection into oil and gas fields
Cost of producing gas units from onshore fields	Sale price to petrochemicals for domestic
Domestic gas revenue	Sale price to shipping
Domestic sales	Sale price to the power plant for export
Employee motivation	Sales for injection into oil and gas fields
Employment rate in the gas industry	sales price to petrochemical for export
Environmental Impacts	Sales price to the agricultural sector
Export gas revenue	Sales price to the industry
export sales	sales price to the power plant for domestic
Export share of compressed natural gas	Sales prices to commercial and public services
Export share of liquefied gas	Sales rate of compressed natural gas exports
Export share of liquefied natural gas	Sales rate of liquefied natural gas exports
Extent of new or undeveloped green fields	Sales to commercial and public services
Field maintenance costs	Sales to industry
Gas shortage	Sales to the agricultural sector
Home selling price	Sales to the home sector
Human resource knowledge	sales to the petrochemical for export
Iran's share of OPEC oil production	Sales to the petrochemical sector for domestic
Liquefied gas export sales rate	sales to the power plant for domestic consumption
Liquefied natural gas export sales revenue	Sales to the power plant sector for export
maintenance cost	share of sales to C&P services
Market share	share of sales to home sector
Natural gas export sales rate	share of sales to shipping sector

need to resource improvement	share of sales to industry
New offshore field capacity	share of sales to petrochemical sector
New onshore field capacity	share of sales to injection into oil and gas fields
Oil revenue	share of sales to agricultural sector
Operating Profit	share of sales to power plant sector
Operation rate	share of domestic sales
operational cost	Sales to the shipping sector
Overdrawn	share of gas production from offshore field
Production rate	share of gas production from onshore field
production rate for offshore	Staff costs
production rate for onshore	The amount of drilling operations
productivity	The amount of production potential of new offshore fields
Repair and maintenance of gas field equipment	The amount of production potential of new onshore fields
Replace oil with gas	Total amount of gas equipment
revenue of commercial and public services	total cost
revenue of compressed natural gas exports	Total gas demand
revenue of home-business	total gas field capacity
revenue of injection into oil and gas fields	total gas production from offshore field
revenue of liquefied natural gas exports	total gas production from onshore field
revenue of natural gas export	Total market size
revenue of petrochemicals	Total revenue of oil and gas exports
revenue of shipping	Total revenue of the gas company

در شکل (۸-۳) نمودار حالت جریان پژوهش نشان داده شده است.



شکل (۸-۳) نمودار حالت جریان پژوهش

۳-۱۲- اعتبار سنجی مدل

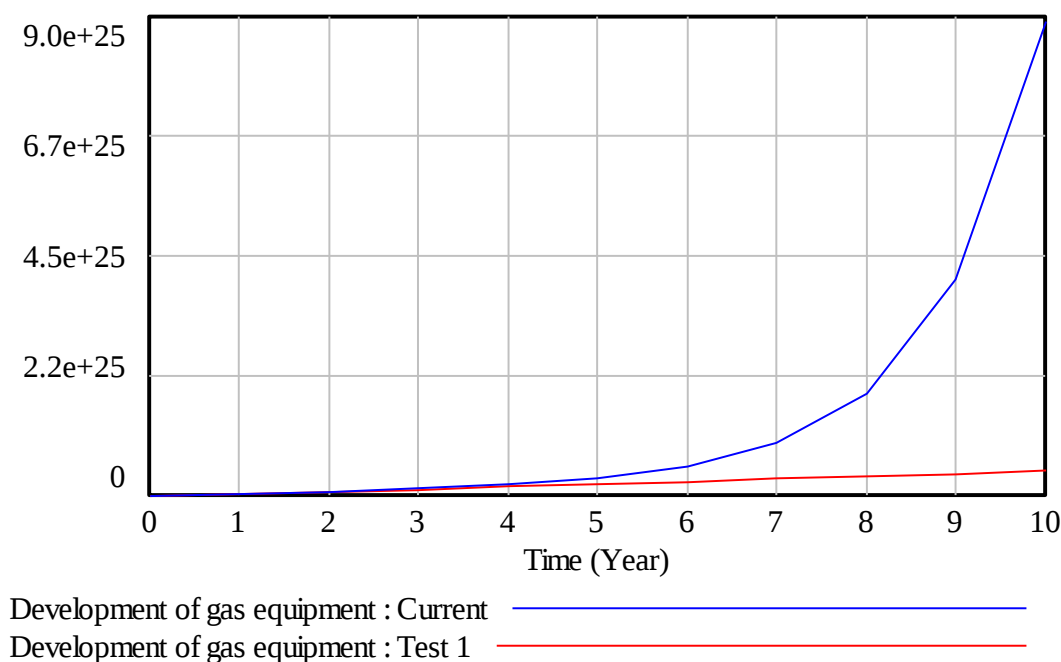
پس از به دست آوردن نمودار حالت و جریان و قبل از استفاده از مدل جهت تحلیل، اعتبار مدل باید با استفاده از یک یا چند روش مورد آزمون قرار گیرد. در این پژوهش نیز پس از شبیه سازی، اعتبار مدل ایجادشده به وسیله آزمون کفایت مرز موردبررسی قرار می گیرد، در ادامه این آزمون شرح داده می شود و نتایج بکارگیری آن برای مدل موردنظر نشان داده خواهد شد.

۳-۱۲-۱- آزمون کفایت مرز

سؤال اصلی این آزمون این است که آیا مفاهیم مهم مرتبط با مسئله، درون مدل در نظر گرفته شده است یا خیر. در این تحقیق، مدل پیشنهادی پس از بررسی ادبیات موضوع و نظر خبرگان، به شناسایی متغیرهای کلیدی پرداخته‌ایم.

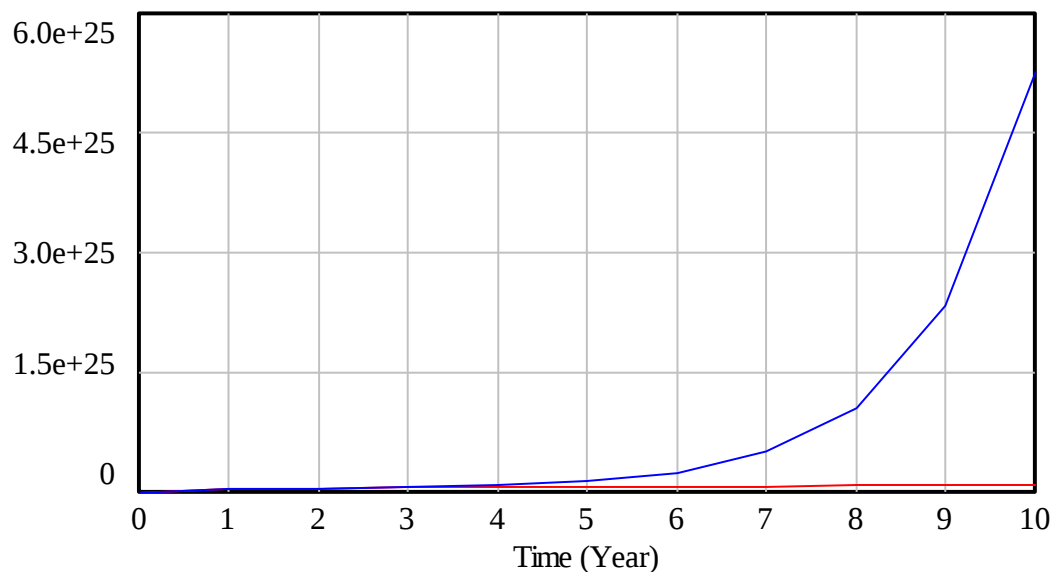
در حقیقت می‌خواهیم بررسی کنیم که آیا رفتار مدل پس از حذف مفروضات مرز، تغییر چشمگیری نشان می‌دهد یا خیر. لذا با حذف تعدادی از متغیرهای تأثیرگذار به نام **share of expot sales** و **oil revenue، expoted oil** و اثر آن‌ها روی مدل بررسی شده است. تغییرات حاصل نشان‌دهنده تغییر در رفتار سایر متغیرها خواهد بود که تأییدی بر اهمیت این عامل می‌باشد.

Development of gas equipment



شکل (۳-۹) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر توسعه تجهیزات گاز

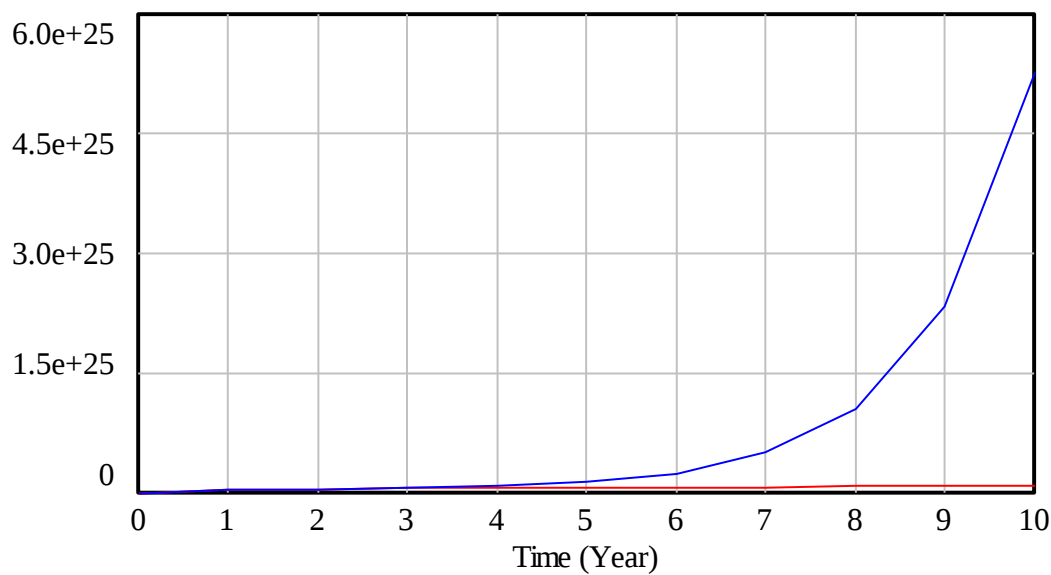
Research and development costs



Research and development costs : Current —————
 Research and development costs : Test 1 —————

شکل (۳-۱۰) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر هزینه تحقیق و توسعه

operational cost



operational cost : Current —————
 operational cost : Test 1 —————

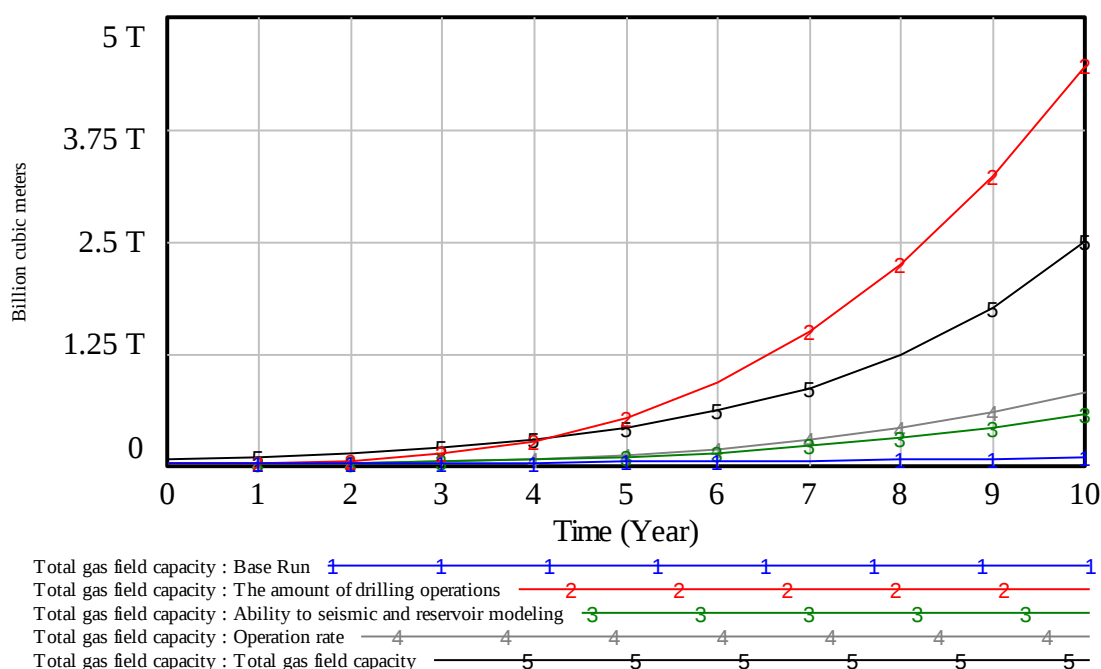
شکل (۳-۱۱) اعتبار سنجی مدل با آزمون کفایت مرز بر متغیر هزینه عملیاتی

شکل‌های فوق به‌خوبی نشان‌دهنده نتایج مناسب مدل با آزمون کفایت مرز است.

۳-۱۳- تحلیل حساسیت

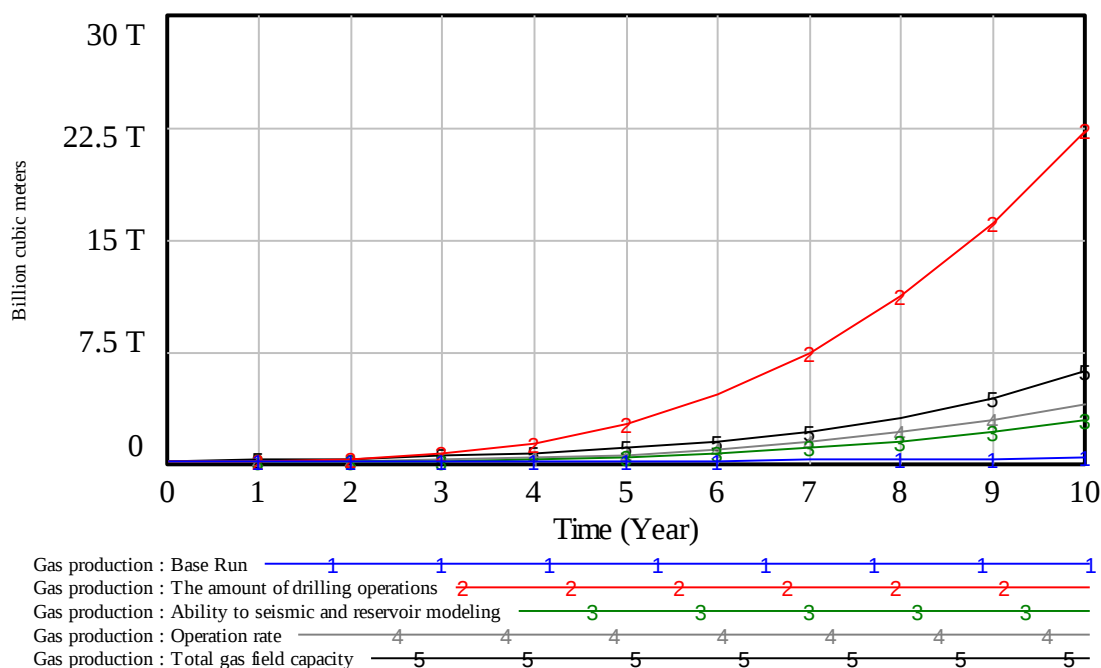
با تغییر مرزها، پارامترها و دوره‌های زمانی، هیچ تغییر قابل توجهی در رفتارها، سیاست‌ها و مقادیر عددی حاصل‌شده، مشاهده نخواهد شد. در مدل پژوهش برای انجام تحلیل حساسیت با افزایش ظرفیت کل میدان گازی و ثابت نگه داشتن سایر پارامترها، تأثیر آن بر میزان تولید گاز بررسی شده است. با افزایش ظرفیت کل میدان گازی، میزان تولید گاز نیز افزایش پیدا خواهد کرد.

Total gas field capacity



شکل (۳-۱۲) افزایش در ظرفیت کل میدان گازی

Gas production



شکل (۱۳-۳) افزایش در میزان تولید گاز

۳-۱۴- جمع بندی

پس از کامل شدن مدل پژوهش و بررسی ارتباط بین متغیرهای ورودی در نرم افزار ونسیم، با اجرای شبیه سازی، خروجی های مدل پژوهش حاصل می گردد. با بررسی روند تغییرات متغیرهای کلیدی مدل همچون تولید گاز، سهم داخلی و صادرات، درآمد و کمبود گاز بر اساس سناریوهای میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه نگاری و مدل سازی مخزن و نرخ بهره برداری خروجی ها حاصل می گردند. در فصل چهارم به بررسی و تحلیل حاصل از خروجی های مدل خواهیم پرداخت.

فصل چہارم: نتیجہ پژوهش

۴-۱- مقدمه

انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین ارکان هر فعالیت اقتصادی، دارای موقعیت استراتژیک در توسعه سیستم‌های اقتصادی و یکی از اساسی‌ترین عوامل توسعه پایدار است؛ به عبارت دیگر، انرژی مانند سایر عوامل تولید، از جمله سرمایه و نیروی کار، یکی از عناصر اساسی رشد اقتصادی است که باعث می‌شود برنامه‌ریزی و اقدام برای دستیابی به منابع قابل اطمینان برای اطمینان از تأمین انرژی، اجتناب‌ناپذیر باشد. نفت و گاز مهم‌ترین حامل‌های انرژی در سبد انرژی جهانی هستند که طبق گزارش‌های رسمی،

برای دهه‌های آینده نیز مهم خواهند بود. در همین حال، از آنجا که در روند تبدیل گاز طبیعی به انرژی حرارتی، آلودگی زیست‌محیطی کمتری از سایر حامل‌های انرژی فسیلی تولید می‌شود، به منظور ادامه روند توسعه صنعتی و اقتصادی جهان ضمن محافظت از محیط‌زیست، توسعه و گسترش استفاده از گاز طبیعی به عنوان یک انرژی پاک و سازگار با ملاحظات زیست‌محیطی که یک نیاز اجتناب‌ناپذیر و پیش نیاز توسعه پایدار است. علاوه بر مزایای زیست‌محیطی استفاده از گاز طبیعی، عواملی مانند پراکندگی جغرافیایی بهتر و قیمت رقابتی با سایر حامل‌های انرژی منجر به موفقیت و تخصیص سهم فزاینده گاز طبیعی در سبد انرژی جهانی شده است.

در حال حاضر شرکت ملی گاز ایران یکی از چهار شرکت اصلی وزارت نفت و همچنین جز ده شرکت بزرگ در عرصه گاز در خاورمیانه فعال می‌باشد. طبق گزارش شرکت ملی نفت، ایران با ۳۳/۳۳ تریلیون مترمکعب به عبارتی ۱۹ درصد از کل ذخایر گاز جهان را به خود اختصاص داده و در بین تمامی کشورهای دارای منابع ذخایر گاز طبیعی رتبه دوم را از آن خود کرده است. ایران دارای ۲۲ میدان فعال گازی در دریا و خشکی می‌باشد که ۱۸ میدان در خشکی و ۴ میدان در دریا فعال است. وجود چنین ذخایر عظیمی در ایران، سیاست‌گذاران بخش انرژی را به سمت برنامه‌ریزی در جهت توسعه ظرفیت تولید، انتقال، ذخیره‌سازی و توزیع گاز طبیعی در اقصی نقاط کشور پهناور ایران و جایگزینی آن با سایر فرآورده‌های نفتی به‌منظور افزایش سهم گاز طبیعی در سبد انرژی کشور سوق داده است تا علاوه بر بهره‌مندی از این سوخت پاک، از افزایش بی‌رویه مصرف فرآورده‌های نفتی که صادرات یا کاهش واردات آن‌ها می‌تواند موجب درآمدزایی و رونق اقتصادی کشور شود، جلوگیری به عمل آید.

حال با توجه به اهمیت گاز طبیعی و قابلیت تبدیل آن به فرآورده‌های مختلف و همچنین ایجاد ارزش اقتصادی در صنعت پتروشیمی و از طرفی ایجاد درآمد ارزی حاصل از صادرات و فروش آن به‌منظور سرمایه‌گذاری در صنایع مختلف در کشور و ضرورت استفاده از انرژی پاک و روی آوردن بسیاری از کشورها به استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان انرژی کم‌آلاینده‌تر نسبت به سایر سوخت‌های فسیلی همچون زغال‌سنگ و نفت موردتوجه و کانون بحث قرار گرفته است. طبق پیش‌بینی‌های BP، تقاضای گاز تا سال

۲۰۳۵ میلادی بیشترین رشد را خواهد داشت و هر سال ۱/۹ درصد به تقاضای آن اضافه می‌شود و همین امر سبب افزایش تجارت گاز طبیعی خواهد شد.

۲-۴- اهداف راهبردی و چشم‌انداز شرکت ملی گاز ایران

اهداف مهم شرکت ملی گاز ایران در دو بخش ملی و بین‌المللی قابل بررسی است که در هر دو سطح، اصل رضایت مشتری و رسیدن به حداکثر بهره‌وری در اولویت قرار دارد. در همین راستا و بر اساس سند چشم‌انداز (افق ۱۴۰۴)، اهداف عمده شرکت ملی گاز ایران، قرار گرفتن در رتبه سوم تولیدکنندگان جهانی گاز طبیعی، کسب سهمی معادل ۱۰-۸ درصد از تجارت جهانی و کسب رتبه اول در فناوری گاز در منطقه تعریف شده است.

به‌طور کل گسترش برنامه‌های بین‌المللی مبادله گاز طبیعی به‌منظور بهبود موقعیت ایران در بازارهای جهانی و منطقه‌ای علاوه بر استفاده از گاز طبیعی برای تأمین انرژی داخلی، از اهداف مهم و استراتژیک شرکت ملی گاز ایران خواهد بود.

با توجه به اهمیت گاز طبیعی و همچنین عوامل زیست‌محیطی و از سوی دیگر دارا بودن ذخایر خشکی و دریایی در جهت تأمین و تخصیص بهینه گاز طبیعی به بخش‌های مختلف داخلی و خارجی، نمودارهای علت-معلولی و جریان در فصل گذشته رسم گردید. در این فصل با توجه به اطلاعاتی که از طریق مصاحبه با خبرگان حاصل شده است، به بررسی عوامل مهم همچون میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری پرداخته می‌شود و نتایج حاصل به صورت نمودار مورد تجزیه و تحلیل خواهند گرفت.

۳-۴- سناریوهای پژوهش

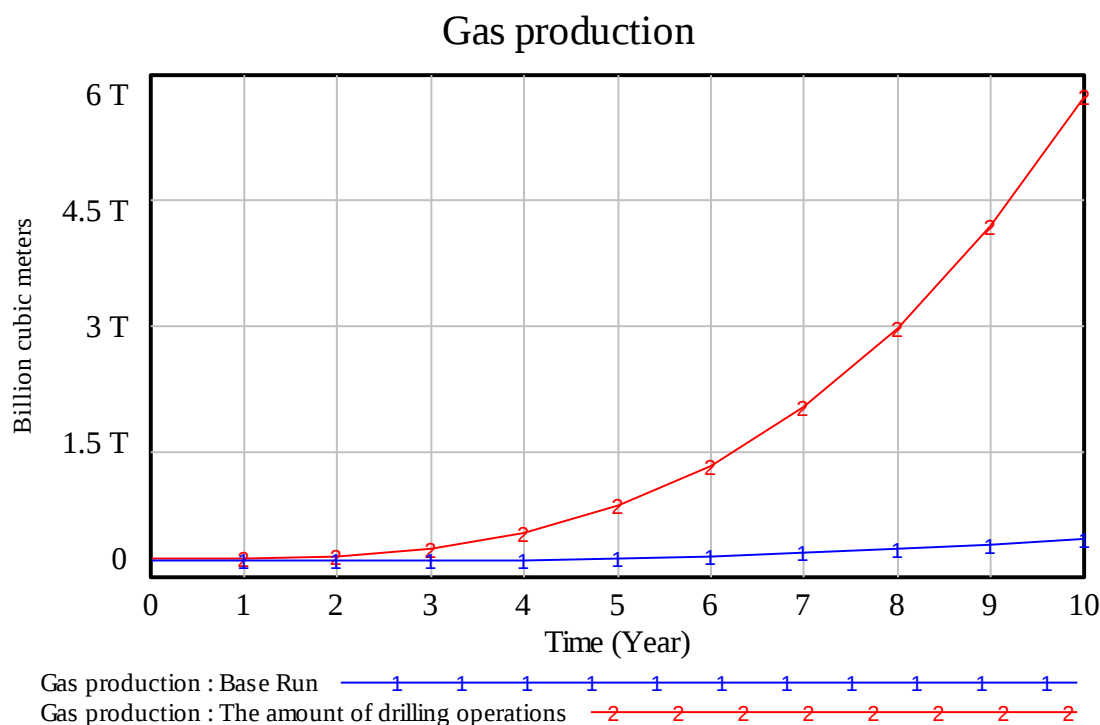
در این فصل سه سناریو طراحی شده است و برای تحلیل آن‌ها شاخص‌هایی همچون تولید گاز، سهم داخلی و صادرات، درآمد و کمبود گاز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول (۴-۱) شاخص‌های پژوهش

تولید گاز	سهم داخلی	صادرات	درآمد	کمبود گاز
-----------	-----------	--------	-------	-----------

۴-۳-۱- سناریو اول: میزان عملیات حفاری

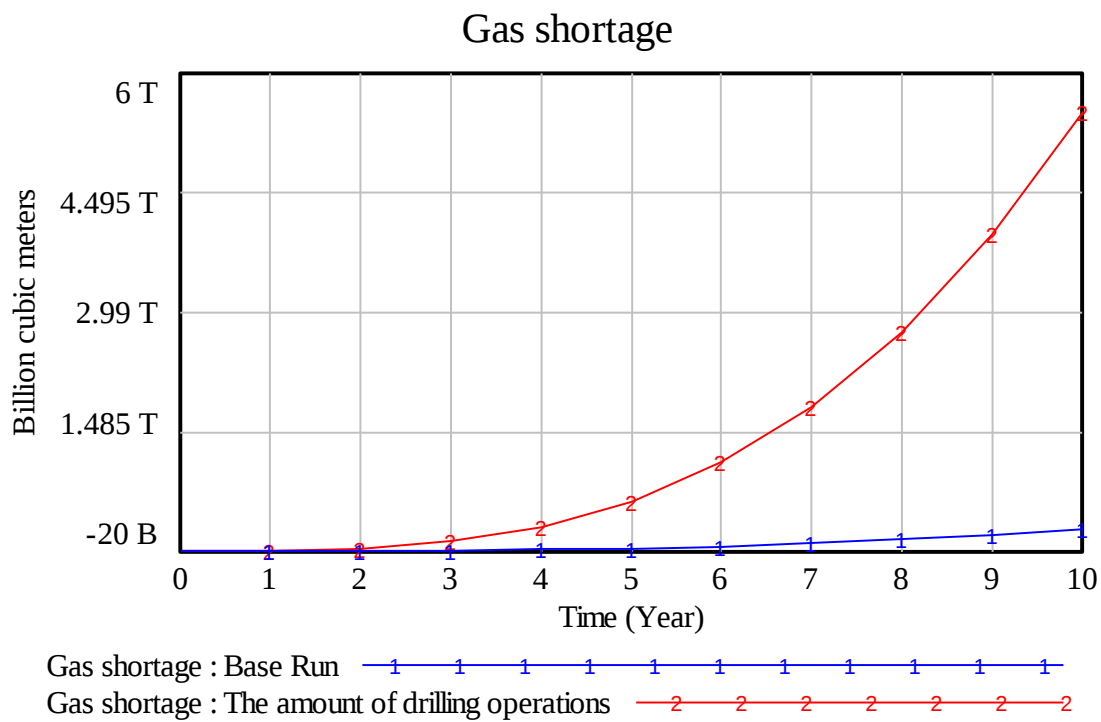
عملیات حفاری یکی از متغیرهای بررسی‌شده در پژوهش فوق است که از درجه اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. این عملیات تأثیر مستقیمی بر توسعه میادین گازی، میزان پتانسیل و تولید گاز از منابع موجود در خشکی و دریا دارد، همچنین عملیات حفاری نسبت به ظرفیت تولید از میادین خشکی و دریایی جدید تأثیرگذار است. با افزایش تعداد میزان عملیات حفاری بررسی می‌کنیم اگر تعداد میزان عملیات حفاری افزایش یابد چه تأثیری بر شاخص‌های اصلی مدل خواهد گذاشت.



شکل (۴-۱) بررسی عملیات حفاری بر میزان تولید گاز

همان‌طور که در شکل (۴-۱) مشهود است، سناریو عملیات حفاری بر میزان تولید گاز تأثیر بسزایی گذاشته و در افق زمانی ۱۰ سال آینده باعث تولید گاز بیشتری از میادین خشکی و دریایی خواهد شد.

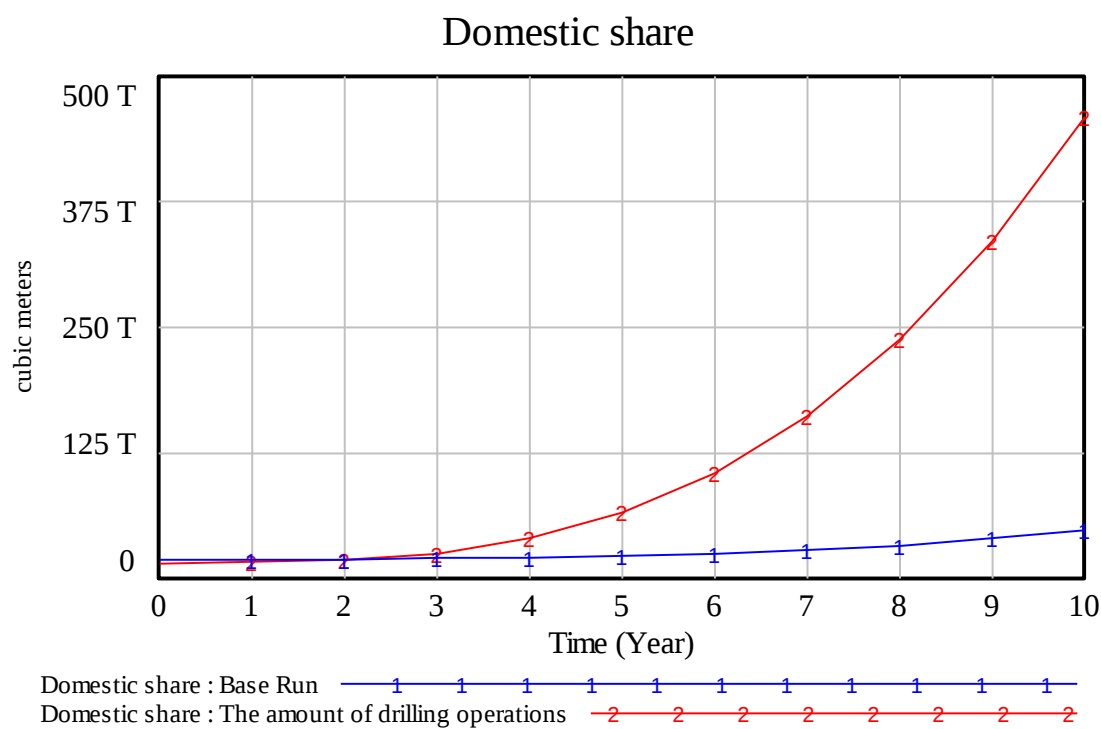
درواقع افزایش عملیات حفاری باعث افزایش ۶ برابری تولید گاز خواهد شد.



شکل (۲-۴) بررسی عملیات حفاری بر میزان کمبود گاز

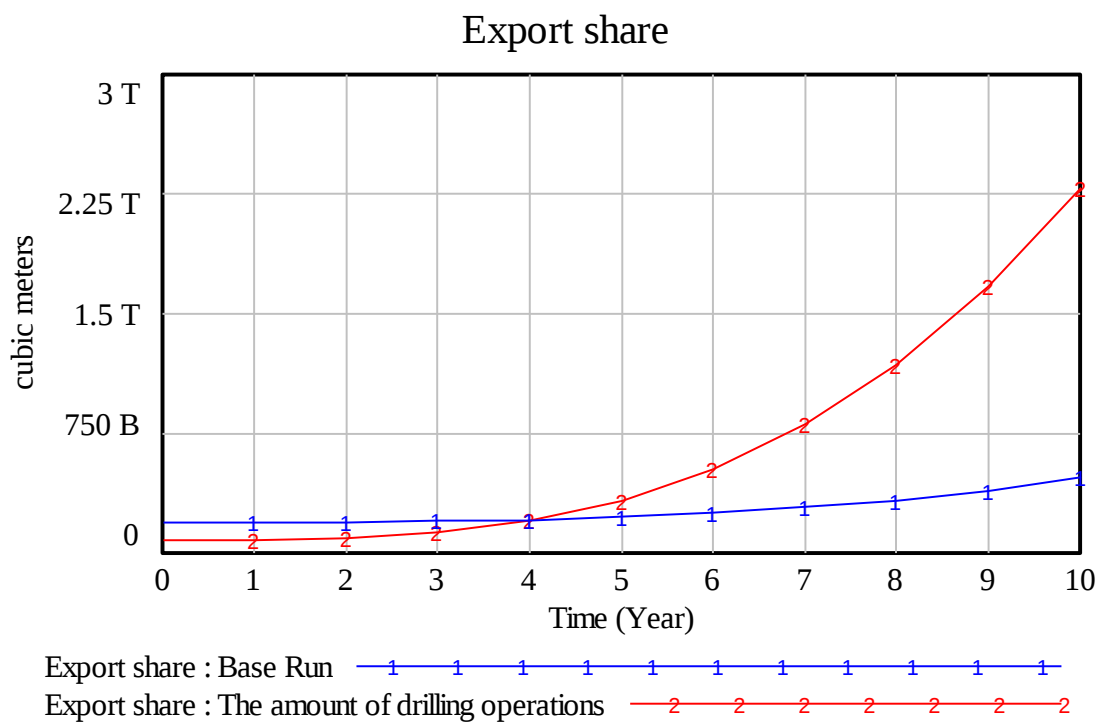
با بررسی عملیات حفاری و افزایش تولید گاز، کمبود گاز در آینده به میزان ۵/۲۴ میلیارد مترمکعب

مطابق شکل (۲-۴) جبران خواهد شد.



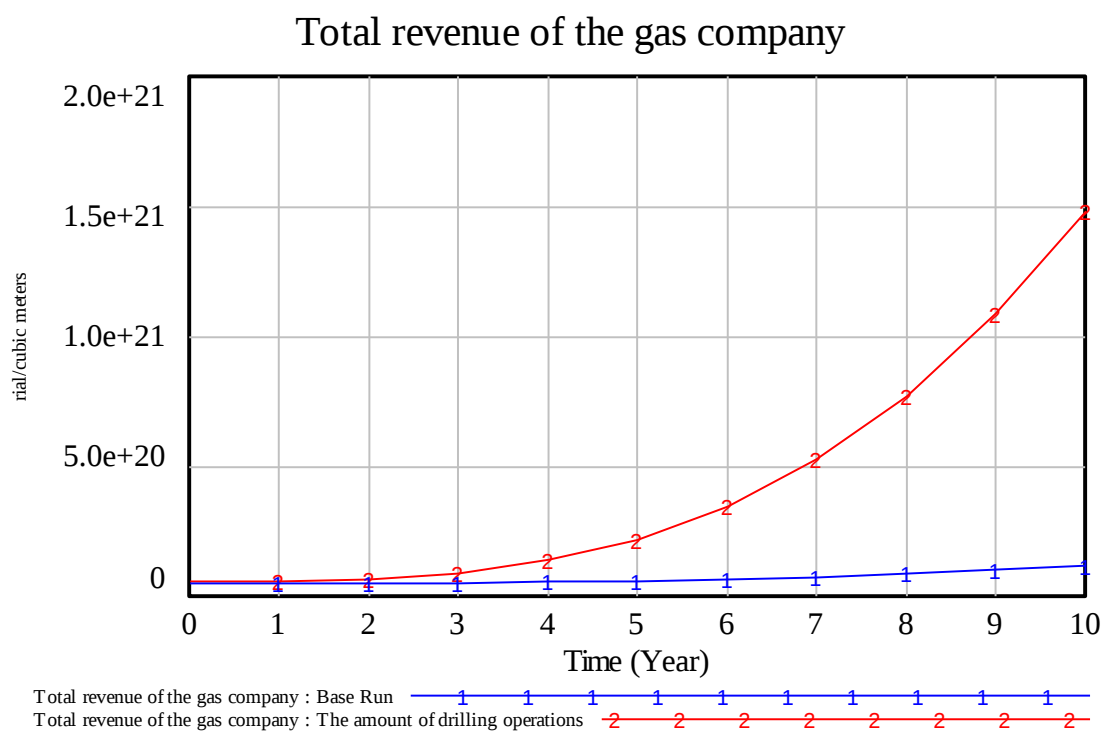
شکل (۴-۳) بررسی عملیات حفاری بر سهم داخلی

با توجه به افزایش مصرف گاز در بخش داخلی و برای پاسخگویی به تأمین و تخصیص گاز، بر اساس سناریو عملیات حفاری و افزایش آن می‌توان با برداشت و تولید گاز بیشتر به میزان ۱/۰۷۸ تریلیون مترمکعب پاسخگوی این نیاز طبق شکل (۴-۳) بود.



شکل (۴-۴) بررسی عملیات حفاری بر سهم صادرات

با توجه به بالا بودن میزان مصرف نسبت به تولید و علاوه بر تأمین و تخصیص بخش داخلی، دولت باید به قراردادهای خود متعهد باشد و صادرات گاز صورت گیرد. بااینکه ایران طبق گزارش BP دومین ذخایر گاز طبیعی جهان را در اختیار دارد اما نتوانسته سهم خود را از تجارت جهانی گاز به دست آورد. حال طبق شکل (۴-۴) و بر اساس سناریو عملیات حفاری می‌تواند علاوه بر بخش داخلی در آینده به تعهدات خود نیز پایبند باشد.



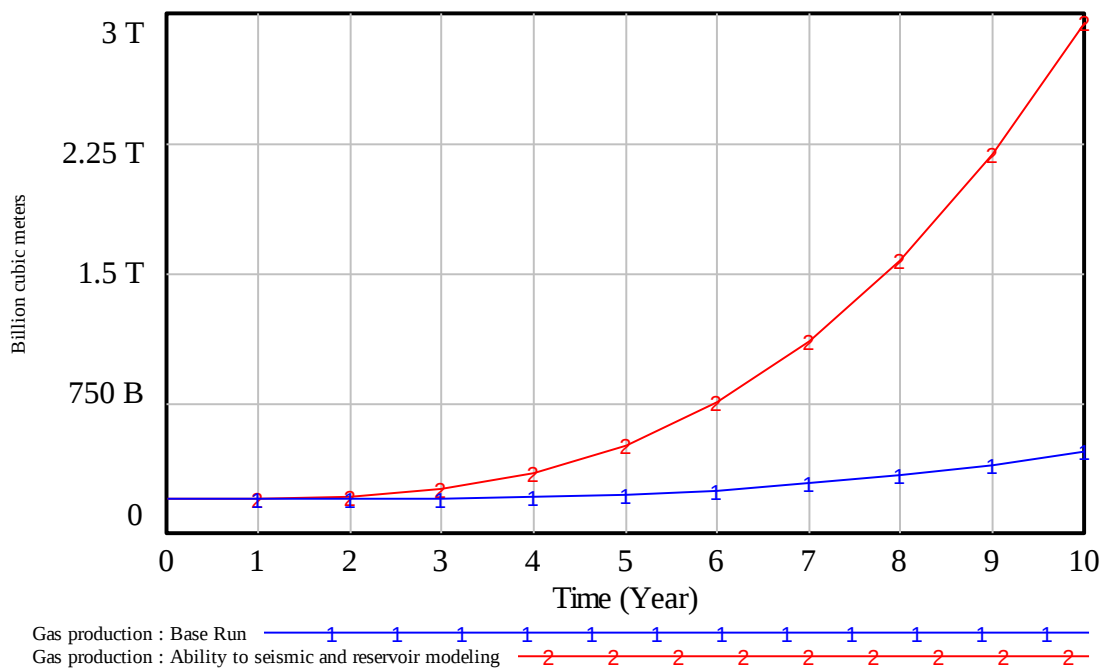
شکل (۴-۵) بررسی عملیات حفاری بر درآمد

همان طور که در شکل (۴-۵) مشهود است، تأثیر مستقیم افزایش عملیات حفاری برافزایش درآمد را تأیید می کند.

۴-۳-۲- سناریو دوم: توانایی لرزه نگاری و مدل سازی مخزن

در سناریو دوم بر اساس نظر متخصصان به بررسی و تأثیر افزایش توانایی لرزه نگاری و مدل سازی مخزن بر بخش های دیگر مدل را مورد ارزیابی قرار می دهیم.

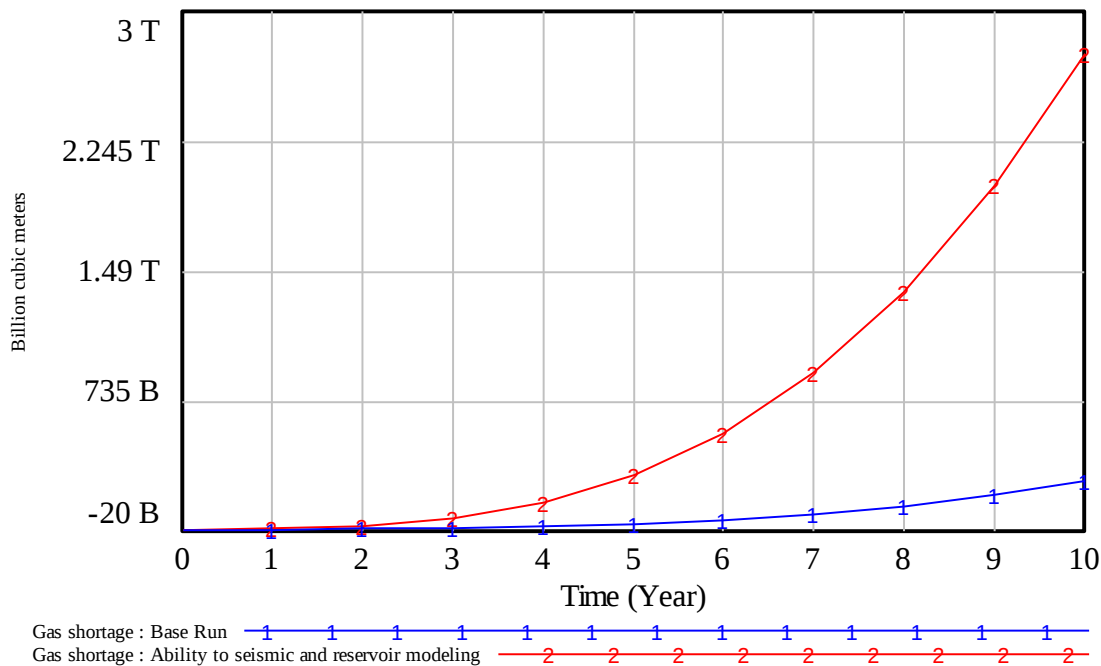
Gas production



شکل (۴-۶) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر تولید گاز

توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن با تأثیر بر ظرفیت تولید از میادین خشکی و دریایی جدید، بر میزان تولید گاز اثرگذار خواهد بود. طبق شکل (۴-۶) اثرگذاری مستقیم و افزایشی این سناریو باعث بر افزایش تولید گاز قابل مشاهده می‌باشد.

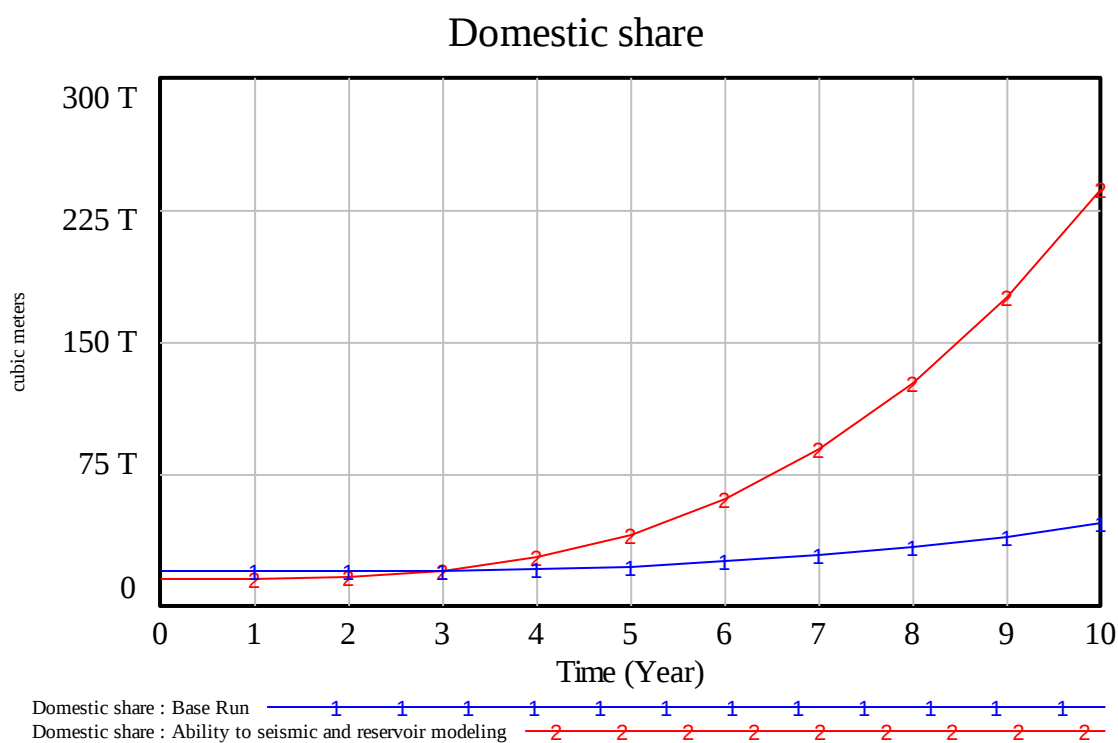
Gas shortage



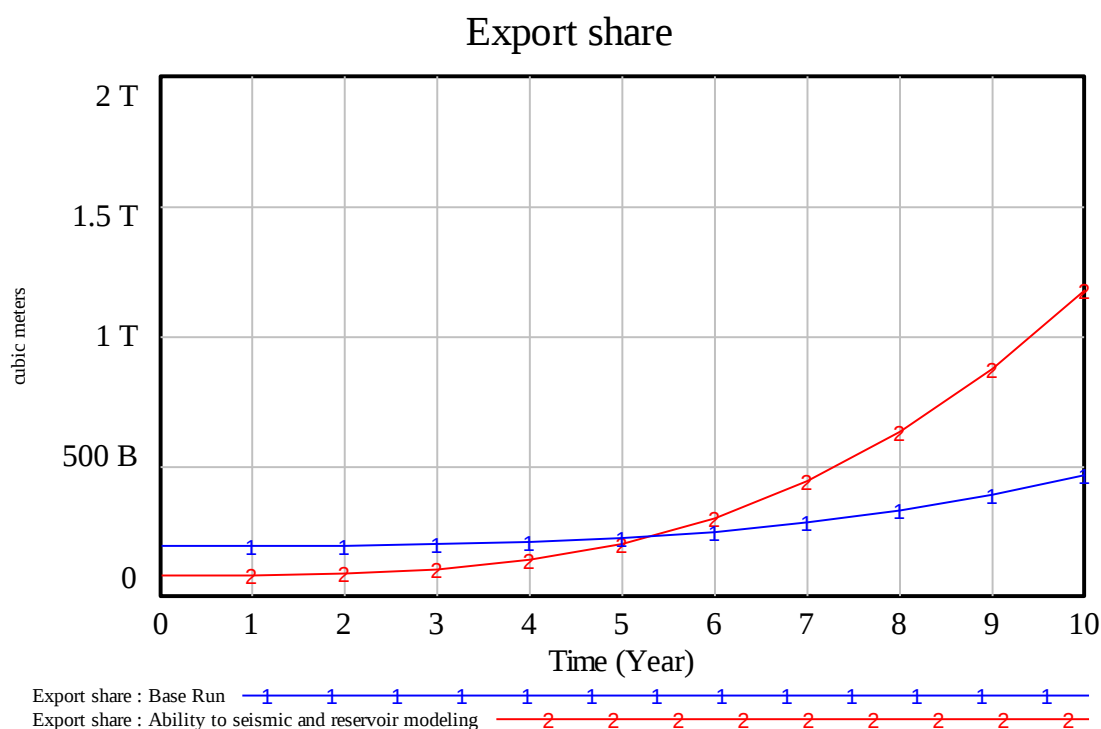
شکل (۷-۴) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر کمبود گاز

طبق شکل (۷-۴) بررسی تأثیر توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر کمبود گاز مشاهده

می‌شود این سناریو به میزان ۲/۴۸ میلیارد مترمکعب کمبود گاز را جبران خواهد کرد.



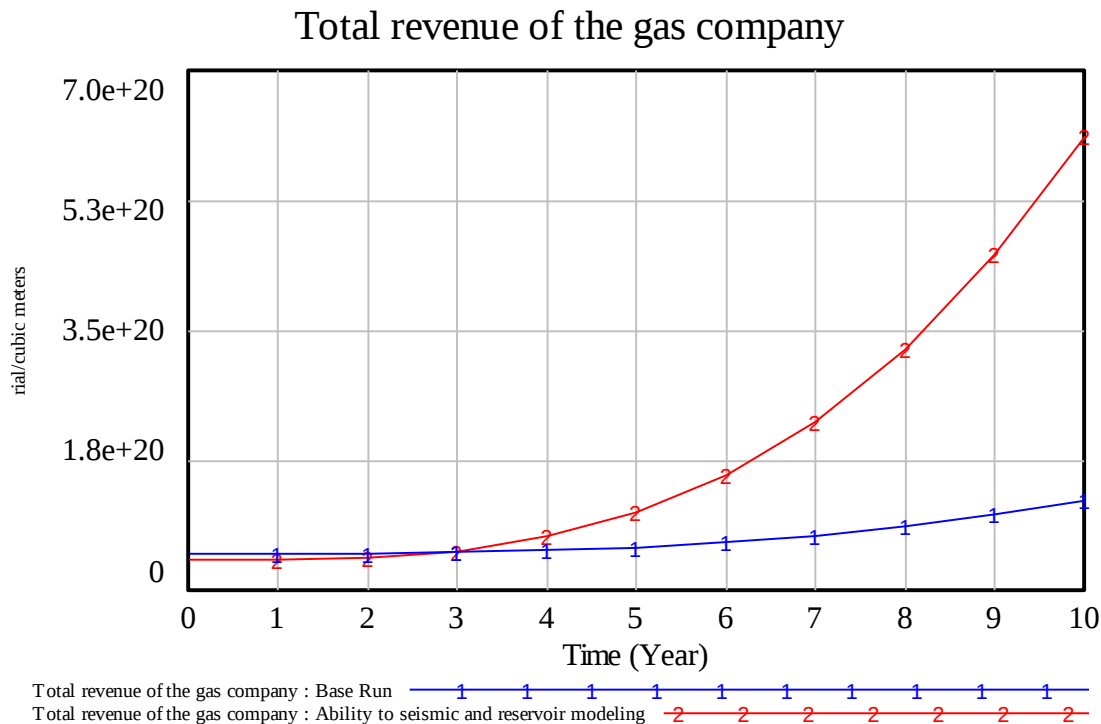
شکل (۴-۸) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر سهم داخلی



شکل (۴-۹) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر سهم صادرات گاز

طبق شکل (۴-۸) و (۴-۹) تأثیر توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن به ترتیب بر سهم داخلی و

صادرات مورد بررسی قرار گرفته و بیانگر پاسخگویی به میزان افزایش گاز به بخش داخلی و افزایش ۵/۳۷ برابری میزان صادرات خواهد بود.

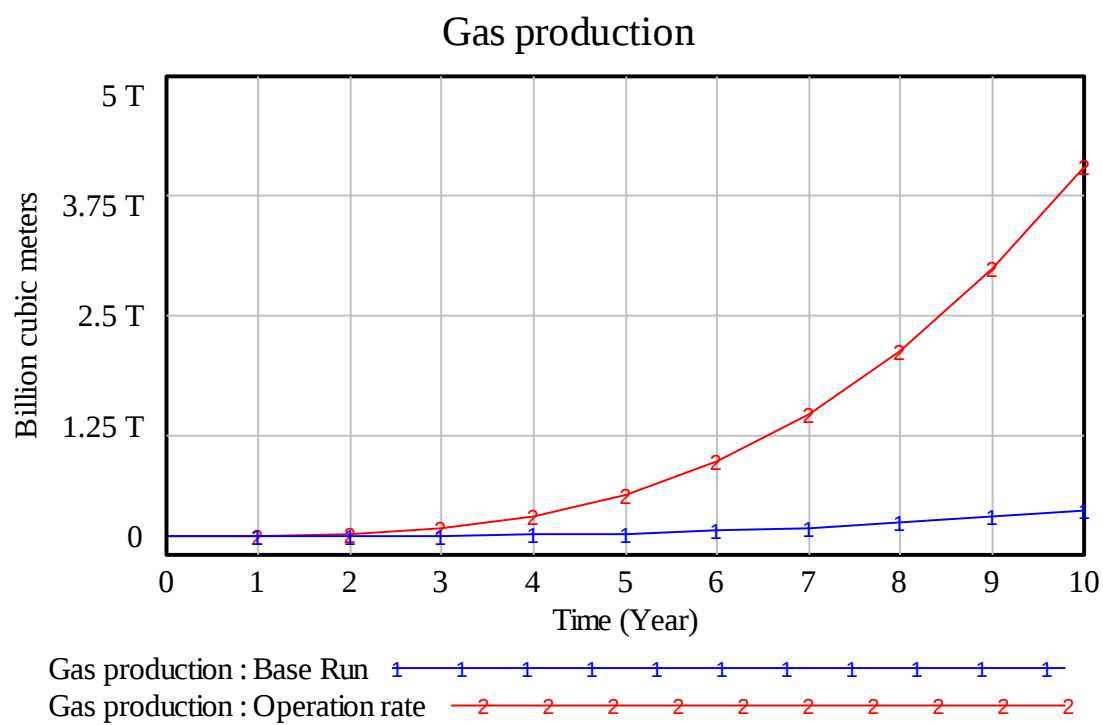


شکل (۴-۱۰) بررسی سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن بر درآمد

شکل (۴-۱۰) بیانگر افزایش میزان درآمد با اثرگذاری سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن می‌باشد. تأثیر این سناریو باعث افزایش پنج برابری درآمد خواهد شد.

۴-۳-۳- سناریو سوم: نرخ بهره‌برداری

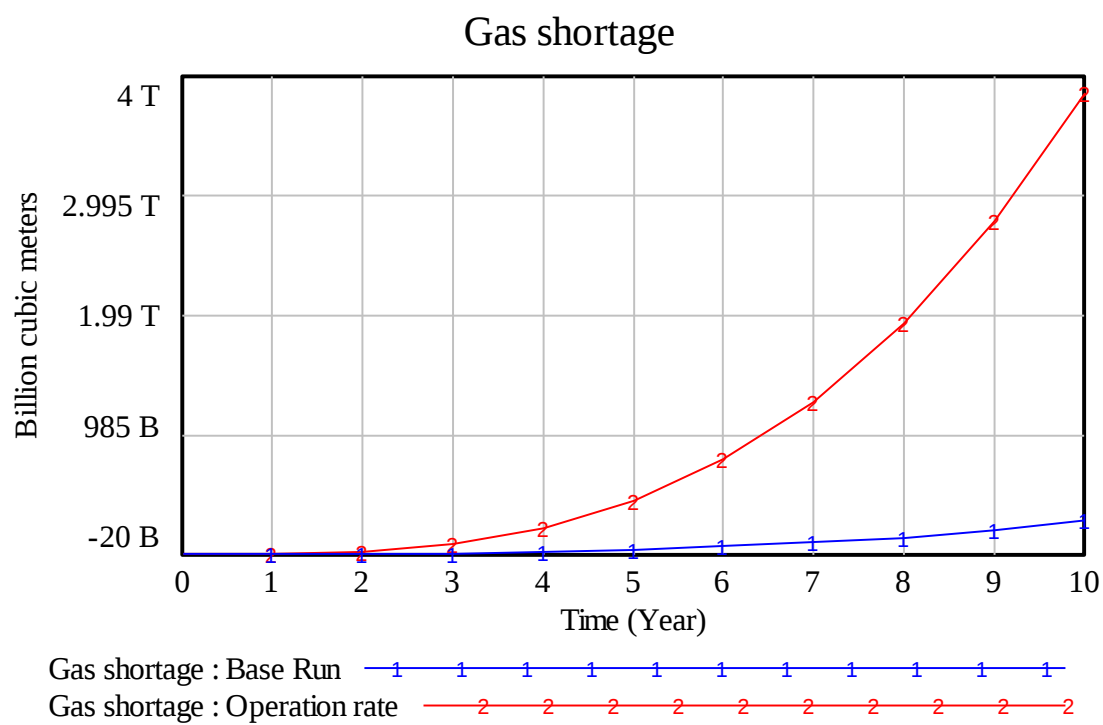
نرخ بهره‌برداری بر طبق نظر خبرگان از متغیرهای مهم و اثرگذار در پژوهش حاضر می‌باشد. این متغیر با تأثیر بر تعمیرات و نگهداری تجهیزات میادین گاز و افزایش نرخ تولید بر میزان تولید گاز اثر خواهد داشت. حال به بررسی و اثرگذاری این سناریو بر متغیرهای اصلی پژوهش خواهیم پرداخت.



شکل (۴-۱۱) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر تولید گاز

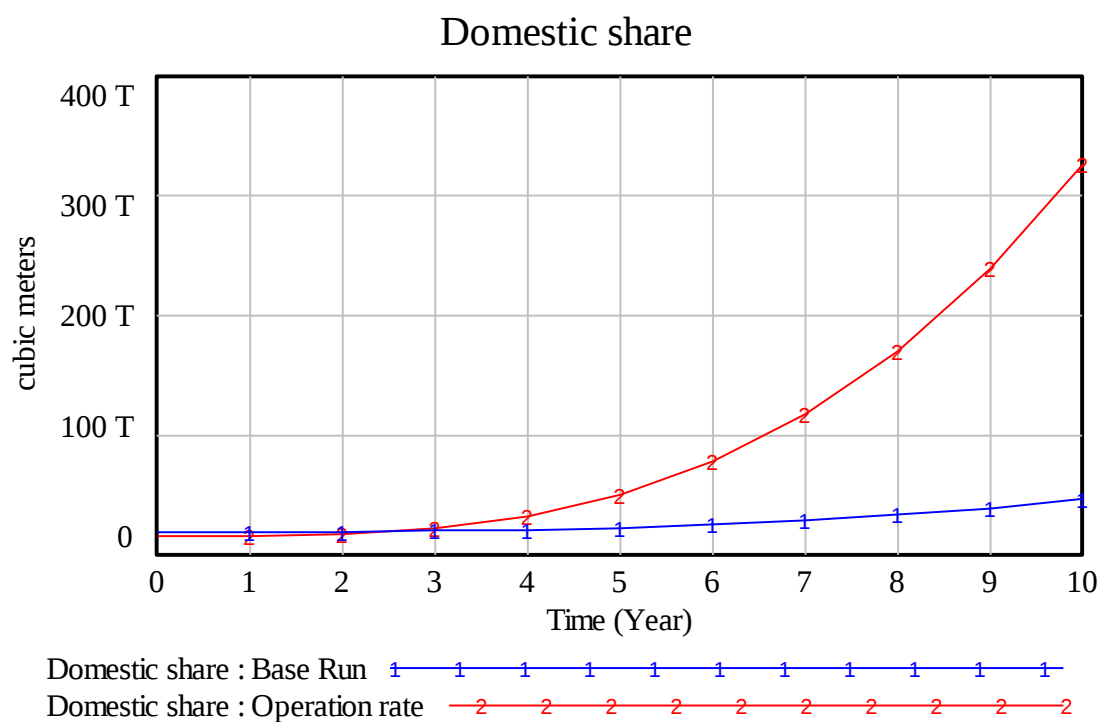
طبق شکل (۴-۱۱) با بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر میزان تولید گاز همان‌طور که مشهود است

افزایش ۴/۶ برابری حاصل خواهد شد.



شکل (۴-۱۲) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر کمبود گاز

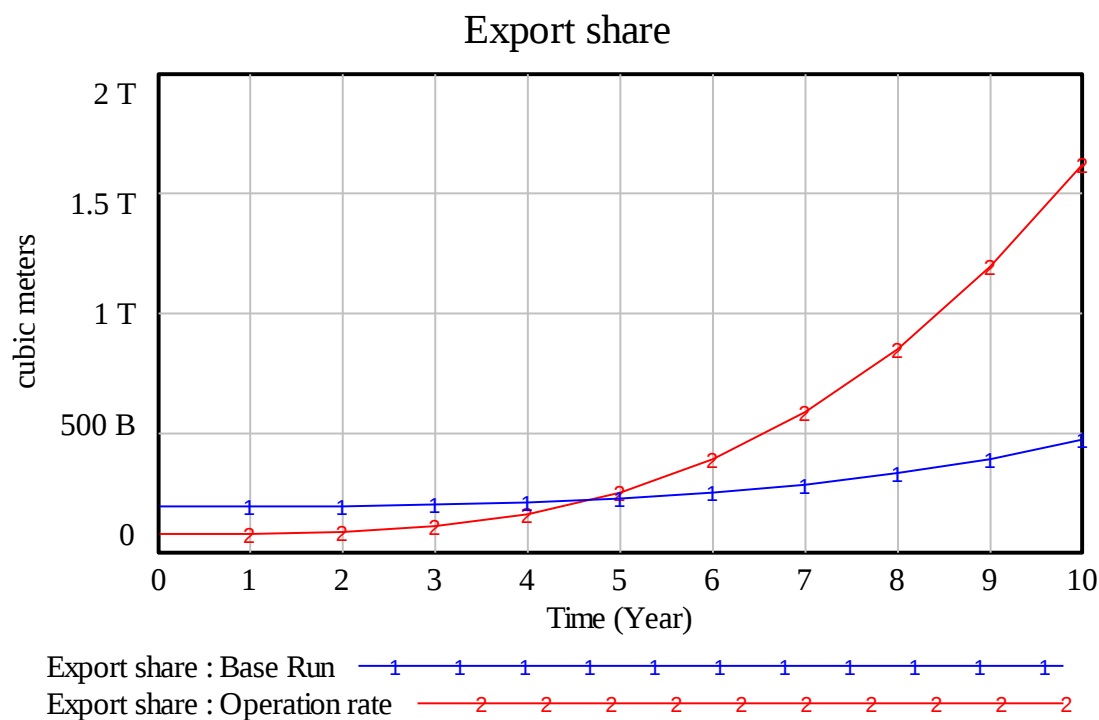
با توجه به منابع طبیعی گاز اگر نرخ بهره‌برداری از این منابع افزایش پیدا کند، طبق شکل (۴-۱۲) در آینده این تأثیر می‌تواند ۳/۵۹ میلیارد مترمکعب از میزان کمبود گاز را جبران کند.



شکل (۴-۱۳) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر سهم داخلی گاز

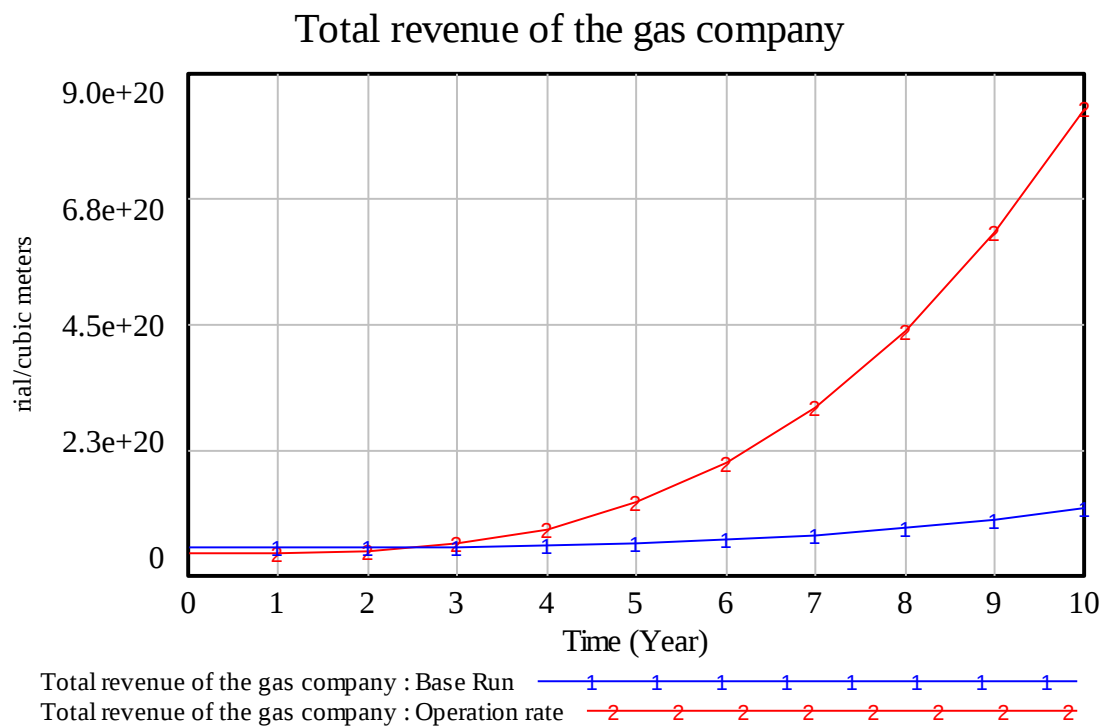
طبق شکل (۴-۱۳) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری با افزایش ۲/۸ میلیارد مترمکعب بر سهم داخلی

پاسخگو خواهد بود.



شکل (۴-۱۴) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر سهم صادرات گاز

طبق شکل (۴-۱۴) سناریو نرخ بهره‌برداری بر سهم صادرات گاز به میزان ۱۱۶ میلیون مترمکعب افزایش صادرات را به دنبال خواهد داشت.



شکل (۴-۱۵) بررسی سناریو نرخ بهره‌برداری بر درآمد

همان‌طور که در شکل (۴-۱۵) مشخص است، با افزایش نرخ بهره‌برداری میزان درآمد حدود ۷ برابر افزایش پیدا خواهد کرد.

جدول (۴-۲) نتایج حاصل از سناریوهای مختلف

انتقام	کمبود گاز	سهم صادرات	سهم داخلی	تولید گاز	
۳/۴۶E+۲۰	۱/۴۷۱۹E+۱۲	۶/۶۹۹۶E+۱۱	۱/۳۴۶۶۲E+۱۴	۱/۶۷۴۹E+۱۲	میزان عملیات حفاری
۱/۹۳E+۲۰	۷/۳۰۹۶E+۱۱	۳/۷۳۵۸E+۱۱	۷/۵۰۹۰۲E+۱۳	۹/۳۳۹۵۷E+۱۱	توانایی لرزه نگاری و مدلسازی مخزن
۲/۵۵E+۲۰	۱/۰۲۸۷E+۱۲	۴/۹۲۷E+۱۱	۹/۹۰۳۲۲E+۱۳	۱/۲۳۱۷۴E+۱۲	نرخ بهره برداری

جدول (۴-۲) به‌طورکلی این جدول میزان تولید گاز، درآمد، کمبود و تخصیص به بخش‌های داخلی و صادرات را با اطلاعات موجود از بررسی سناریوها نشان می‌دهد.

۴-۴- رتبه‌بندی سناریوهای پژوهش

در این مرحله به رتبه‌بندی و ارزیابی سناریوها با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP- TOPSIS خواهیم پرداخت. ابتدا با استفاده از نظر خبرگان و روش AHP مقایسه زوجی بین معیارها انجام و وزن آن‌ها محاسبه می‌شود. وزن معیارها به‌عنوان ورودی روش تصمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS خواهد بود که با این روش رتبه‌بندی سناریوها انجام گرفته می‌شود.

پس از بررسی نظر خبرگان، وزن معیارهای تولید گاز، درآمد، سهم داخلی، سهم صادرات و کمبود گاز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP به‌صورت تعیین هدف، تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و سپس مقایسات زوجی معیارها با استفاده از میانگین هندسی نتایج زیر به‌دست آمده است:

$$w = \{0.050, 0.066, 0.155, 0.204, 0.525\}$$

حال برای رتبه‌بندی سناریوها مراحل زیر انجام گردید:

- بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از فرمول زیر:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{ij}^n x_{ij}^2}}$$

- محاسبه ماتریس بی مقیاس موزون

- محاسبه مقادیر ایده آل مثبت (V_j^+) و مقادیر ایده آل منفی (V_j^-)
- مقدار ایده آل مثبت در شاخص‌های با جنبه مثبت، بیشترین مقدار می‌باشد و برعکس
- مقدار ایده آل منفی در شاخص‌های با جنبه منفی، کمترین مقدار می‌باشد و برعکس
- محاسبه فاصله مقادیر ایده آل مثبت و منفی از گزینه‌ها
- محاسبه نزدیکی نسبی (P_i) به مقدار ایده آل
- انتخاب بیشترین مقدار نزدیکی نسبی

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{ij}^m (V_{ij} - V_j^+)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{ij}^m (V_{ij} - V_j^-)^2}$$

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}$$

مراحل عنوان شده برای رتبه‌بندی سناریوها انجام شد و نتایج در جدول (۴-۳) آمده است.

جدول (۴-۳) رتبه‌بندی سناریوها

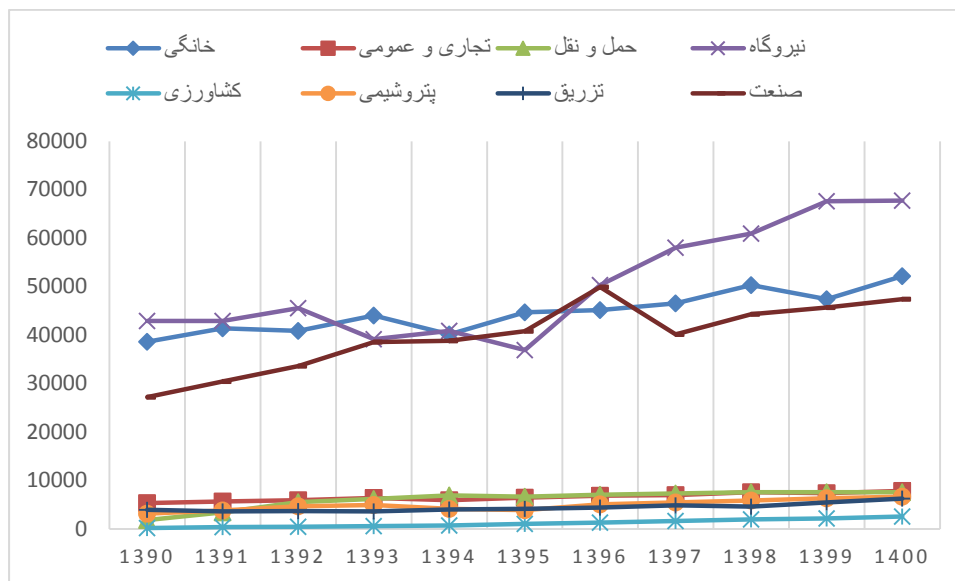
رتبه	Pi	سناریو
۱	۰/۹۹	S _۱
۲	۰/۶۳	S _۲
۳	۰/۷۹	S _۳

طبق جدول (۴-۳) رتبه اول سناریو میزان عملیات حفاری، رتبه دوم سناریو نرخ بهره‌برداری و رتبه

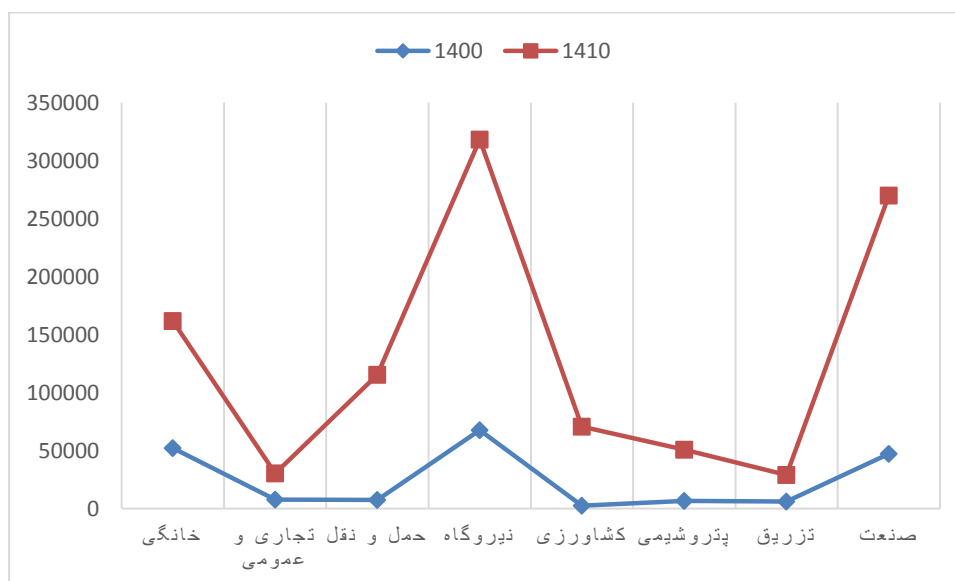
سوم سناریو توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن می‌باشد.

در این بخش با توجه به اطلاعات و نظر خبرگان در مورد افزایش مصرف گاز در بخش‌های مختلف را

بررسی می‌کنیم. افزایش میزان عملیات حفاری می‌تواند پاسخگوی تخصیص به بخش‌های مختلف باشد.



شکل (۴-۱۶) سهم مصرف گاز در بخش‌های مختلف



شکل (۴-۱۷) افزایش مصرف گاز در ۱۰ سال آینده

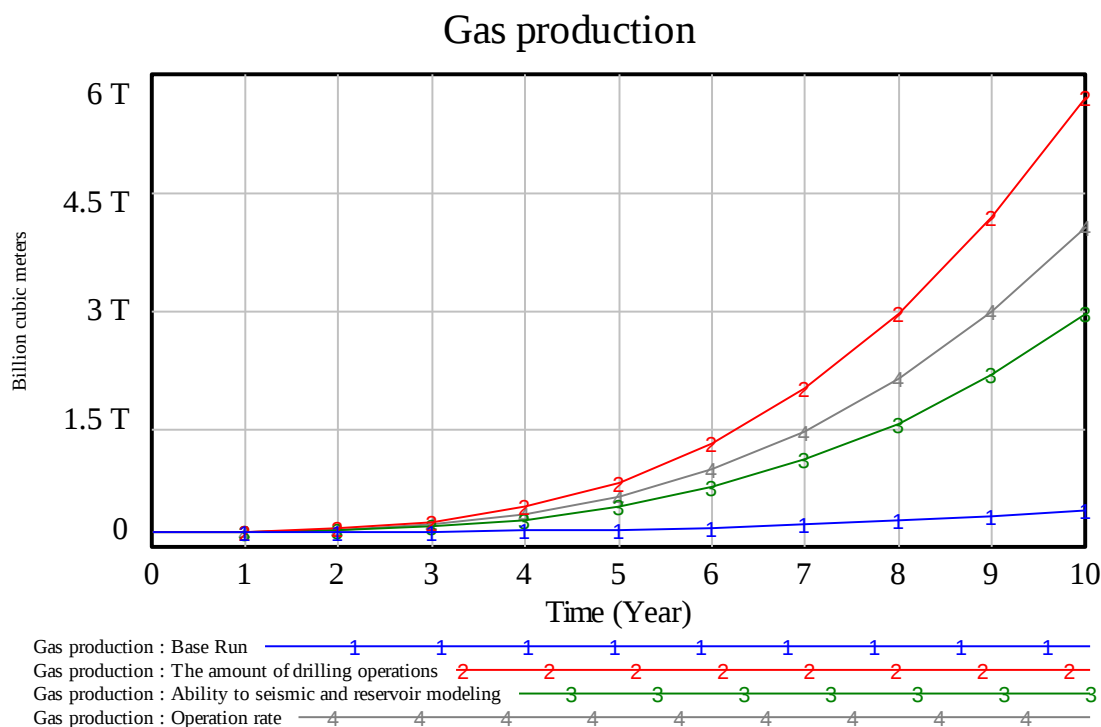
با توجه به میزان روند مصرف گاز طبیعی که ۱۹۹۰۷۱/۹ میلیون مترمکعب در سال بوده است و افزایش مصرف آن در ۱۰ سال آینده به میزان ۹۵۵۵۴۵/۱ میلیون مترمکعب در سال بر اساس نظر خبرگان و بررسی تأثیر عملیات حفاری بر پاسخگویی به تخصیص گاز به بخش‌های مختلف خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل، نیروگاه، کشاورزی، پتروشیمی، تزریق و صنعت نتیجه بگیریم، با افزایش

عملیات حفاری و تولید گاز به میزان ۲۰۸۵۶۰۹/۷ میلیون مترمکعب در سال تخصیص انجام خواهد گرفت.

۴-۵- جمع بندی

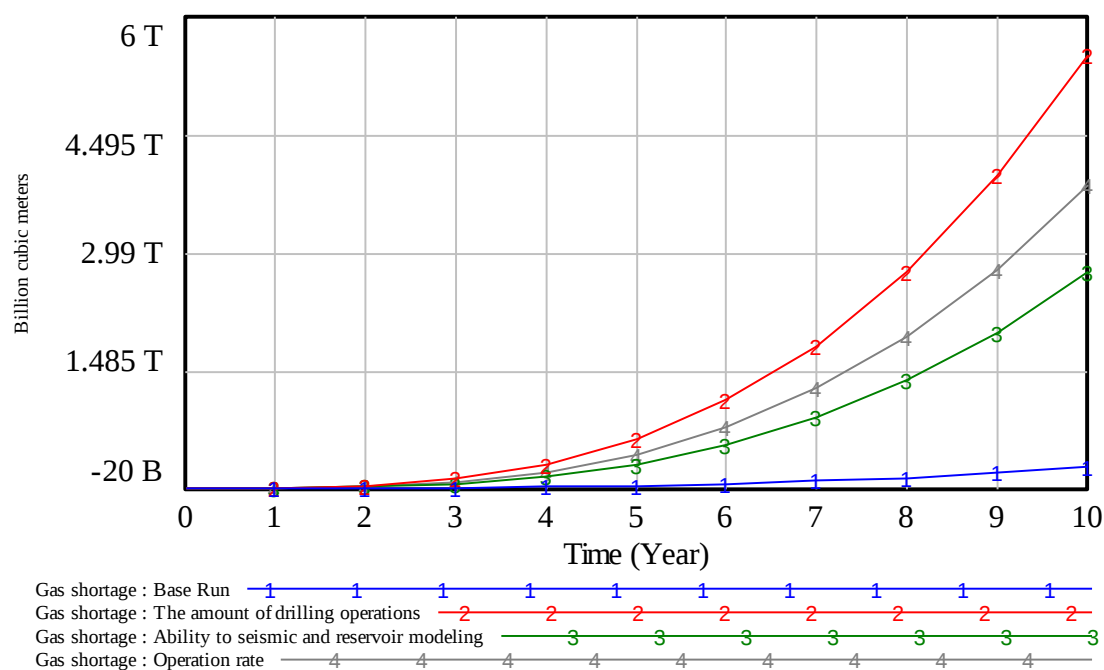
در این فصل با توجه به اطلاعاتی که از شرکت ملی گاز و مصاحبه با خبرگان به دست آمد، بر اساس آن سناریوهایی معرفی گردیدند و به وسیله نرم افزار سیستم های پویا بررسی و نتایج حاصل شد. سه سناریو میزان عملیات حفاری، سناریو توانایی لرزه نگاری و مدل سازی مخزن و نرخ بهره برداری مورد تحلیل قرار گرفتند و با استفاده از روش AHP-TOPSIS طبق جدول (۳-۴) رتبه بندی شدند. در هر سه سناریو به بررسی تولید گاز، کمبود گاز، سهم صادرات و داخلی و درآمد پرداخته شد که میزان عملیات حفاری، بیشترین مقدار گاز را تولید می کند و می توان در بلندمدت با افزایش مصرف گاز در بخش های مختلف پاسخگو بود.

در شکل های زیر به طور کلی و خلاصه تأثیر هر سه سناریو بر متغیرهای اصلی قابل مشاهده می باشد.



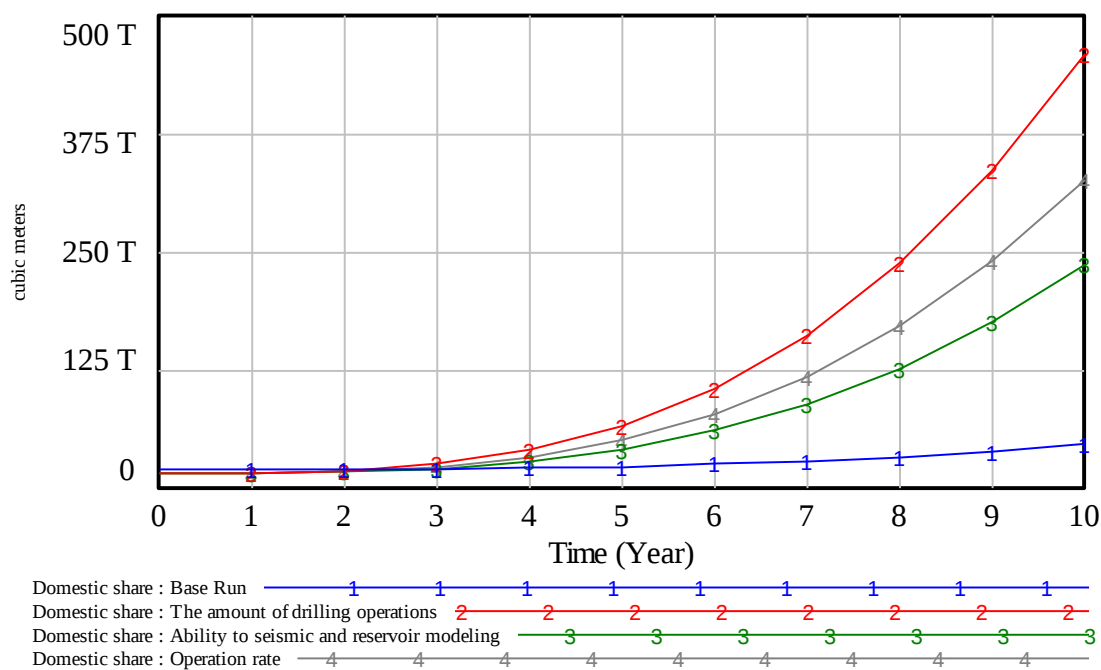
شکل (۴-۱۸) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر تولید گاز

Gas shortage



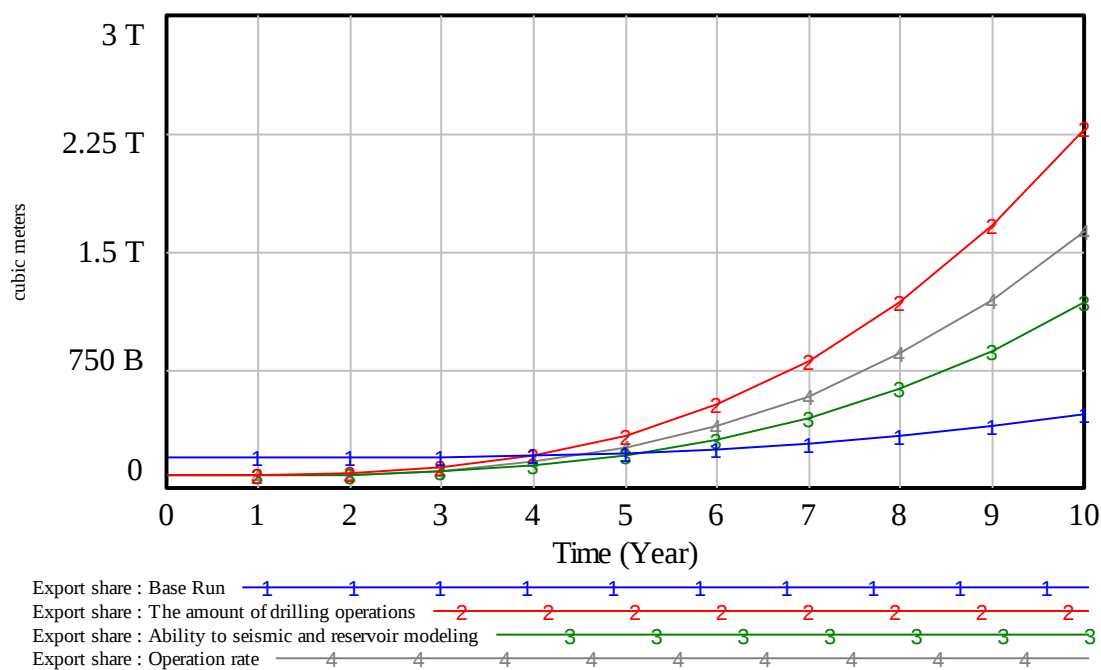
شکل (۴-۱۹) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر کمبود گاز

Domestic share



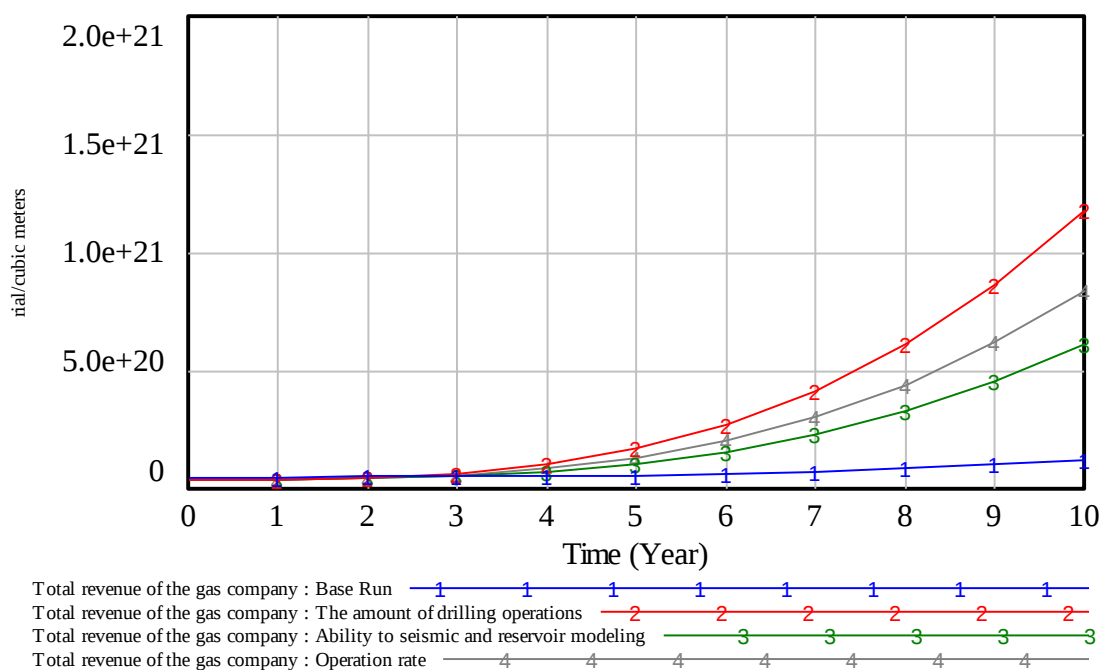
شکل (۴-۲۰) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر سهم داخلی

Export share



شکل (۴-۲۱) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر سهم صادرات

Total revenue of the gas company



شکل (۴-۲۲) بررسی اثرگذاری هر سه سناریو بر درآمد

در فصل بعدی فرضیات و سؤالات پژوهش پاسخ داده خواهند شد و محدودیت‌ها و پیشنهادهای پژوهش

پرداخته می شود.

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد

۵-۱- مقدمه

در پژوهش حاضر مدل ارائه شده از رویکرد سیستم پویا در جهت شناسایی عوامل و متغیرهای تأثیرگذار در رابطه با افزایش تولید گاز به منظور تخصیص آن به بخش‌های داخلی و صادرات مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره به رتبه‌بندی و ارزیابی استراتژی و سناریوها پرداخته‌ایم. تخصیص گاز از تصمیمات بسیار مهم در پیشروی مدیران می‌باشد اما با توجه به منابع فراوان گاز در کشور، با کمبود آن مواجه هستیم. با بررسی عوامل تأثیرگذار همچون میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری و با توسعه میدانی توانایی تولید گاز بیشتر خواهد شد و علاوه بر تخصیص به بخش‌های داخلی، می‌توان پاسخگو به بازارهای صادراتی بالقوه کشور نیز بود. از این رو نمودارهای علی-معلولی مدل تهیه گردید و با به‌کارگیری آن نمودار جریان و حلقه‌های تأثیرگذار بر پژوهش و روابط ریاضی بین متغیرها شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند و با استفاده از نرم‌افزار ونسیم به شبیه‌سازی مدل پرداخته شد. نتایج حاصل از پژوهش با بررسی سناریوهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره رتبه‌بندی شدند.

۵-۲- پاسخ به سؤالات، فرضیات و اهداف تحقیق

هدف اصلی در این پژوهش تخصیص گاز به بخش‌های مختلف با در نظر گرفتن عواملی تأثیرگذار برافزایش میزان تولید گاز است. با توجه به اینکه منابع گازی توانایی ذخیره‌سازی ندارند، عوامل مهم با نظر خبرگان شامل میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری شناسایی شدند. هدف اصلی از افزایش تولید گاز، پاسخگویی به بخش‌های مختلف داخلی و صادرات می‌باشد و بهبود جایگاه و موقعیت ایران در بازارهای جهانی و منطقه‌ای خواهد بود.

با استفاده از رویکرد تحلیل سیستم‌های پویا به بررسی رفتار متغیرها در گذر زمان پرداخته شد. عوامل بسیار مهم و تأثیرگذار در سیستم با استفاده از نظر خبرگان و متخصصان صنعت نفت و گاز شناسایی و

مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفتند. با شناسایی و به‌کارگیری عوامل مذکور به توسعه میادین و بهره‌برداری از منابع گاز پرداخته شد. به‌طور کل در این پژوهش با استفاده از رویکرد تحلیل سیستم‌های پویا به بررسی و استخراج شاخص‌ها پرداختیم تا برآورد افزایش تولید گاز در چه سطحی باشد که بتوانیم در آینده پاسخگو تخصیص به بخش‌های مختلف باشیم.

در تحلیل اثر سناریوهای مدیریت انرژی با در نظر گرفتن سناریوهایی همچون عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری بر شاخص‌هایی همچون تولید گاز، سهم داخلی و صادرات، درآمد و کمبود گاز را مورد ارزیابی و نتایج حاصل را به‌صورت نمودار مورد تحلیل قراردادیم و درنهایت با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت انرژی انجام شد.

۵-۳- نتایج تحقیق

با بررسی سناریوهای مختلف در میزان افزایش تولید گاز و تخصیص آن به بخش‌های داخلی و صادرات و جبران کمبود گاز نتایج به شرح زیر می‌باشد:

گاز محور توسعه کشور می‌باشد و عواملی بسیاری در تولید گاز تأثیرگذار می‌باشند که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها همان‌طور که اشاره شده است، میزان عملیات حفاری، توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن و نرخ بهره‌برداری هستند، با بررسی هرکدام از آن‌ها بر متغیرهای اصلی با استفاده از رویکرد سیستم پویا نتایج متفاوتی حاصل شده است و درنهایت انتخاب بهترین سناریو و استراتژی با تصمیم‌گیری چندمعیاره، استراتژی افزایش میزان عملیات حفاری با توجه به رشد میزان مصرف گاز در ۱۰ سال آینده و میادین مشترک گازی ایران و توجه به این امر که گاز برخلاف نفت قابلیت ذخیره‌سازی ندارد پس به‌منظور افزایش برداشت و توسعه میادین در جهت پاسخگویی کامل به تخصیص داخلی و همچنین پاسخگویی به بازارهای صادراتی انتخاب گردید.

گرچه استراتژی نرخ بهره‌برداری و توانایی لرزه‌نگاری و مدل‌سازی مخزن نیز از عوامل تأثیرگذار بوده اند و با بررسی هرکدام از آن‌ها افزایش میزان تولید گاز را خواهیم داشت اما با افزایش قابل توجه مصرف

گاز در سال‌های آینده بهترین استراتژی در پژوهش حاضر میزان عملیات حفاری بوده و با به‌کارگیری از این رویکرد و توسعه میداین گازی می‌توان پاسخگو به میزان افزایش تقاضای مصرف گاز در آینده باشیم.

۴-۵-پیشنهاده‌ها

با توجه به ذخایر فراوان منابع گاز در ایران، می‌توان با اولویت بندی میداین در جهت ازیاد برداشت از منابع موجود سهم بیشتری به دست آورد و با بررسی چالش‌های پیش روی ایران همچون مسائل اقتصادی درزمینه‌ی فروش و صادرات این محصول استراتژیک و عاملی همچون تحریم و مسائل سیاسی می‌تواند تأثیر بسزایی در تولید و درآمد گاز داشته باشد و بتوان در آینده سهم زیادی از صادرات بازار جهانی را کسب نمود.

۵-۵-محدودیت‌ها

بکارگیری متغیرهایی همچون فرایند شکست هیدرولیک در تولید مخازن گاز طبیعی به منظور ازدیاد برداشت و اثر آن بر میزان تولید گاز، بررسی نانو تکنولوژی‌ها یا نانو فناوری‌ها در جهت ازدیاد برداشت و اکتشاف و حفاری از عوامل مهم هستند که می‌توان با بررسی آن‌ها نتایج مطلوبی به دست آورد.

مراج

مراجع داخلی

- ترکان، اکبر. (۱۳۹۱). نقش گاز طبیعی در امنیت ملی ایران، روسیه و قطر، مطالعه تطبیقی *Sid*. ۲(۲۵)، ۳۱۵-۳۲۶.
- الهی، سید مرتضی و همکاران. (۱۳۹۵). وارونگی عرضه گاز طبیعی والگوی اولویت‌های راهبردی تخصیص گاز طبیعی به بخش‌های مختلف. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۲۱، ۱-۳۲.
- تاری، فتح اله و همکاران. (۱۳۹۷). تخصیص بهینه گاز طبیعی در ایران با رویکرد اقتصاد مقاومتی. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۵۹، ۱-۳۴.
- ترازنامه انرژی. (۱۳۹۶).
- استرمن، جان د. (۱۳۸۶). پویایی شناسی سیستم (ترجمه کیوا). انتشارات ترمه، چاپ اول.
- رنانی، محسن و همکاران. (۱۳۸۸). تعیین اولویت‌های کاربرد ذخایر گازی ایران (دوره مطالعه ۱۴۱۰-۱۳۸۵). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، ۳، ۱۵۱-۱۸۲.
- علیخانی، رضا و همکاران. (۱۳۹۱). مدل برنامه ریزی تصادفی جهت تخصیص منابع گاز در ایران با رویکرد هزینه امنیت انرژی. *فصلنامه پژوهش‌های مدیریت*، ۹۶.
- مشایخی، علینقی. (۱۳۹۷). *No Title*. (اریانا قلم).

کاظمی، عالیہ و همکاران. (۱۳۹۰). ارائه یک مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه برای تخصیص بهینه منابع انرژی ایران. چشم/انداز مدیریت صنعتی, ۳, ۴۳-۶۵.

محقر، علی و همکاران. (۱۳۸۹). به کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری در اولویت بندی مصرف و تخصیص بهینه گاز طبیعی با رویکرد فازی. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی, ۲۴, ۹۱-۱۱۹.

گلچینپور، مونا. (۱۳۹۳). بررسی وضعیت ذخایر گاز طبیعی در جهان. علمی ترویجی/اکتشاف و تولید نفت و گاز, ۱۱۸.

ورهرامی، ویدا و همکاران. (۱۳۹۸). بررسی اثر الحاق ایران به سازمان تجارت جهانی (WTO) بر وضعیت صادرات گاز طبیعی ایران. فصلنامه مجلس و راهبرد, ۹۹.

مراجع خارجی

Azadeh, A., Asadzadeh, S. M, &Ghanbari , A (۲۰۱۰). An adaptive network-based fuzzy inference system for short-term natural gas demand estimation: Uncertain and complex environments. *Energy Policy*, ۳۸(۳), ۱۵۲۹-۱۵۳۶. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.036>

Chowdhury, S., &Sahu, K C. (۱۹۹۲). A system dynamics model for the Indian oil and gas exploration/exploitation industry. *Technological Forecasting and Social Change*, ۴۲(۱), ۶۳-۸۳. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(92\)90073-3](https://doi.org/10.1016/0040-1625(92)90073-3)

Daneshzand, F., Amin-Naseri , MR, Asali , M, El kanel , A, &Fowler , M (۲۰۱۹). A system dynamics model for optimal allocation of natural gas to various demand sectors. *Computers and Chemical*

Engineering, 128, 88–105.

<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.05.040>

Daneshzand, F., Amin-Naseri, M.R., Elkamel, A., & Fowler, M. (2018). A

System Dynamics Model for Analyzing Future Natural Gas Supply and Demand. *Industrial and Engineering Chemistry Research*,

57(32), 11061–11075. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b00709>

Holz, F., Richter, P. M., & Eggling, R. (2016). The role of natural gas in a

Low-carbon Europe: Infrastructure and supply security. *Energy Journal*, 37(Special Issue3), 33–59.

<https://doi.org/10.5547/01956574.37.SI3.fholz>

Hutagalung, A. M. (2014). *The Economic Value of Indonesia's Natural*

Gas A quantitative assessment of three gas policies (Issue March 1980).

Li, C., Ren, J., & Wang, H. (2016). A system dynamics simulation model of

chemical supply chain transportation risk management systems.

Computers and Chemical Engineering, 89, 71–83.

<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.02.019>

Maroufnashat, A., & Sattari, S. (2016). Estimation of natural gas

optimal location to consuming sectors in year 2025 in Iran.

Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy, 11(7),

ΔΛΥ-ΩΡΕ. **https://doi.org/10.1080/15567249.2011.598898**

Abstract

The use of clean energy is one of the main topics of discussion in countries around the world, but what has doubled the attention to such energy, especially in recent years, is the rapid growth of air pollution and global warming. Energy experts recommend using more natural gas. Therefore, natural gas is one of the most important energy sources that plays a very important role in meeting energy demand; In addition to the rapid growth of air pollution and global warming, factors such as better resource dispersion, cheaper prices, and lower extraction costs have added to its importance. Gas resources are found in abundance in Iran and is the second largest in the world with its abundant gas reserves. Since Iran is the second largest holder of gas resources in the world, but it is facing a shortage for allocation to the domestic sector and exports.

In this research, using the system dynamics approach, we will simulate and study the influential factors such as drilling operations, exploitation rate and seismic capability and reservoir modeling on gas production and its allocation to domestic and export sectors, and due to the increase in average growth. Gas consumption in the next 10 years, we can respond to the increase in consumption by using the above factors.

Keywords:

Natural gas, System dynamics approach, Gas production, The amount of drilling operations, Ability to seismic and reservoir modeling, Operation rate



Shahrood University of
Technology

Faculty of Industrial Engineering and Management

M.Sc Thesis in Master of Industrial Management

A Decision Support System for Natural Gas Resources Allocation Based on
the System Dynamics Approach and Multi-criteria Decision Making

Sanaz Hedayat

Supervisor:
Dr. Ali Akbar Hasani

September, ۲۰۲۱