

تحلیل سیاست قیمت‌گذاری خوراک محصولات پتروشیمی با رویکرد سیستم‌های پویا

حسین سلطانیان تلک‌آبادی*، علی محقر** محمدرضا صادقی‌مقدم***

چکیده

هدف این پژوهش، مدل‌سازی سیاست‌های قیمت‌گذاری خوراک محصولات اوره-آمونیاک پتروشیمی با استفاده از رویکرد پویایی‌های سیستم و تشریح اثرات اجرای سیاست‌های مختلف و ارزیابی اثرات هر سیاست است. برای تحلیل رفتار سیستم مدل‌سازی بر مبنای رویکرد پویایی سیستمی با استفاده از نرم‌افزار «ونسیم» صورت گرفت. پس از انتخاب رویکرد پویایی سیستمی با مصاحبه‌های عمیق با خبرگان و شناسایی حلقه‌ها و ارتباط علی بین متغیرهای تأثیرگذار بر سیستم، همچون قیمت فروش اوره و آمونیاک، درصد تخفیف برای فروش داخل و طرح‌های تولیدی جدید اوره و آمونیاک، نمودار علی و معلولی طراحی شد. بعد از طراحی نمودار جریان و فرمول‌بندی متغیرها، اعتبار مدل تأیید شده و رفتار سیستم تحت سناریوهای متعدد تحلیل و اثر سیاست‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش قیمت‌های جهانی اوره در سال‌های آینده برای اقتصادی‌بودن طرح‌های جدید اوره-آمونیاک و سودآوری شرکت‌های فعلی باید قیمتی کمتر از قیمت فعلی برای خوراک تعیین شود. با توجه به تغییرات زیاد در قیمت‌های جهانی در سال‌های اخیر می‌توان یکی از بهترین سیاست‌ها را ارتباط بین قیمت‌های فروش و خوراک اوره و آمونیاک دانست که بر این اساس هم قیمت عادلانه‌تر تعیین شده و هم به سودآوری صنعت ضربه وارد نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: اوره و آمونیاک؛ پویایی سیستم؛ پتروشیمی؛ قیمت‌گذاری.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۷/۱۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۲/۲.
* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).

E-mail: soltanian1@ut.ac.ir

** دانشیار، دانشگاه تهران.

*** استادیار، دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

قیمت‌گذاری یکی از ابزارهای مهم در برنامه‌ریزی بلندمدت و تخصیص کارایی منابع است و سیاست‌های قیمت‌گذاری باید تمام ابعاد تأثیرگذار را در نظر بگیرند تا از ایجاد شوک‌های ناگهانی در مصرف جلوگیری کنند. قیمت‌گذاری بهینه اقتصادی همواره دغدغه سیاست‌گزاران است؛ اما آن‌ها علاوه بر مسائل اقتصادی ناچار به در نظرگیری سایر جنبه‌های موضوع بوده‌اند و به‌نحوی باید قیمت‌گذاری کنند که حداکثر منافع جامعه تأمین شود و فقط کارایی اقتصادی مدنظر نیست. ایران به‌عنوان کشوری در حال توسعه به‌طور ویژه با این مسئله درگیر است و تغییرات اساسی در چند سال اخیر با اجرای قانون هدفمندی یارانه و افزایش قیمت‌ها در قسمت‌های اعظم ساختار اقتصادی رخ داده است.

گاز طبیعی به‌عنوان منبعی پاک، نقش مهمی در اقتصاد انرژی دارد و افزایش سهم تقاضا و مصرف گاز در بخش‌های مختلف مشاهده می‌شود. طبق برآورد «آژانس بین‌المللی انرژی» سهم گاز طبیعی در سبد مصرف انرژی جهانی تا سال ۲۰۳۵ بیش از ۲۵ درصد خواهد بود [۲]. نحوه قیمت‌گذاری خوراک گاز از مباحث مهم و جزو مهم‌ترین سؤال‌هایی است که ذهن تصمیم‌گیرندگان را در بخش گاز به خود مشغول کرده و در چند سال اخیر در ایران همواره محل بحث بوده است.

گاز طبیعی به‌عنوان خوراک و ماده اولی، نقشی تعیین‌کننده در بهای تمام‌شده محصولات پتروشیمی و حتی سودآوری و درنهایت بقای آن دارد. با توجه به نقش پتروشیمی در تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و ارتباط بین پایین‌دست و بالادست، صنعت پتروشیمی تأثیر مهمی در رشد و توسعه کشور دارد [۱۹] با اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها در ایران و افزایش قیمت حامل‌های انرژی هزینه تمام‌شده پتروشیمی‌های اوره و آمونیاک به‌شدت افزایش پیدا کرد؛ بنابراین بررسی و تعیین قیمت خوراک این محصولات اهمیت زیادی دارد تا بتوان تأثیر این افزایش قیمت را بر تولید، صادرات و سایر متغیرهای مهم بررسی کرد؛ از طرفی قیمت محصولات اوره و آمونیاک در بازارهای جهانی کاهش پیدا کرده و بر اساس شاخص قیمت محصولات پتروشیمی مؤسسه «ICIS» (شاخص IPEX) میانگین قیمت این محصولات در ژانویه ۲۰۱۵ (در مقایسه با مدت مشابه سال قبل) با کاهش ۳۶ درصدی مواجه بوده است و طبق پیش‌بینی‌های بانک جهانی قیمت اوره و آمونیاک در بازارهای جهانی رو به کاهش است. یکی از علل این مسئله در مورد اوره و آمونیاک رشد بیشتر عرضه نسبت به تقاضا است. در سال‌های اخیر سرعت رشد عرضه نسبت به تقاضا بیشتر بوده و پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای اوره ۳/۵ درصد سالیانه و ظرفیت تولید ۴/۷ درصد سالانه در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۸ رشد داشته باشند

[۱۳] کاهش قیمت جهانی اوره به همراه سیاست ایران مبتنی بر افزایش نرخ خوراک منجر به کاهش حاشیه سود شده است. با تغییر قیمت خوراک بهای تمام شده هر تن محصول اوره افزایش و حاشیه سود واحد کاهش می‌یابد. با کاهش حاشیه سود توجیه و جذابیت طرح‌های جدید سرمایه‌گذاری کم می‌شود و سرمایه‌گذاران رغبت ورود به این حوزه را ندارند؛ بنابراین برای تداوم بلندمدت و تحریک صنعت باید قیمت خوراک تعدیل شود از طرفی با اعمال و افزایش درصد تخفیف داخل، حاشیه سود یک تن اوره کاهش می‌یابد و باعث کاهش جذابیت صنعت و سرمایه‌گذاری و سودآوری کمتر در بلندمدت می‌شود.

پژوهش حاضر با توجه به ماهیت پویای موضوع مورد مطالعه با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی^۱ به دنبال مدل‌سازی پویا و ارائه مدلی برای آزمون سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری خوراک اوره پتروشیمی ایران است؛ بنابراین پس از تعیین متغیرهای اصلی تأثیرگذار در مسئله و شناسایی روابط بین متغیرها با تشکیل دواير علی و معلولی، مدل اعتبارسنجی و با شبیه‌سازی سیاست‌های مختلف آزمون شد تا اثر اجرای سیاست‌های مختلف مشخص شود. اهمیت و ارزش این پژوهش بدین علت است که با مشخص شدن مدل پویای قیمت‌گذاری می‌توان محیطی برای یادگیری فراهم کرده و با آزمایش سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری نتیجه شبیه‌سازی شده چند سال آینده را مشاهده کرد.

مقاله حاضر از پنج بخش تشکیل شده است. پس از بررسی پیشینه پژوهش، در بخش دوم، روش‌شناسی بیان می‌شود. در بخش سوم اعتبارسنجی مدل و در قسمت چهارم شبیه‌سازی و تحلیل نتایج انجام می‌شود. در انتها نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها آورده خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه تحقیق

رویکرد پویایی سیستم در اوایل دهه ۶۰ میلادی توسط یکی از اساتید دانشگاه MIT^۲ به نام فارستر به‌عنوان روش مدل‌سازی و شبیه‌سازی برای ارزیابی تصمیم‌گیری در محیط‌های پویای صنعتی مطرح شد [۱۱]. سیستم‌های پویا با به‌کارگیری دیدگاه سیستمی مدیران را قادر به تصمیم‌گیری سازگار با محیط برای دستیابی به منافع بلندمدت سیستم به‌عنوان یک کل می‌سازد. از آنجاکه در ساختمان سیستم‌های پویا، متغیرها از رشته‌های گوناگون هستند و ساختمان‌های مختلف در موضوع‌های مختلف صادق هستند، سیستم‌های پویا یک حوزه میان‌رشته‌ای است [۱۴].

مدل‌های قیمت‌گذاری چهار هدف را دنبال می‌کنند: ۱. در یک محیط جایگاه سیاست قیمت‌گذاری را وصف می‌کنند؛ ۲. چگونگی شکل‌گیری سیاست‌های قیمت‌گذاری را توضیح

1. Dynamic of System
2. Massachusetts Institute of Technology

می‌دهند؛ ۳ قوانین و اصول قیمت‌گذاری را به تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌دهند؛ ۴ برای سناریوهای مختلف فروش، سیاست‌های قیمت‌گذاری و سود را پیش‌بینی کنند [۷]. فرآیند مدل‌سازی پویا شامل: چارچوب‌بندی مسئله، فرموله‌کردن فرضیه پویا یا نظریه در مورد علل مسئله، فرموله‌کردن یک مدل شبیه‌سازی برای آزمایش فرضیه، آزمون مدل تا حصول اطمینان از مناسب بودن آن برای هدف و طراحی و ارزیابی سیاست‌هایی برای بهبود است [۲۱].

نیل (۱۹۷۳) مدل‌سازی بخش‌های اکتشاف، تولید، تقاضا و سرمایه‌گذاری در صنعت گاز آمریکا را انجام داد. این مدل جزو اولین مدل‌های شبیه‌سازی پویای انرژی است. استرمن و همکاران (۱۹۸۸)، مدلی برای نفت آمریکا با در نظرگیری متغیرهای اکتشاف، تولید و مصرف، فناوری، قیمت، درآمد و سرمایه‌گذار و تقاضا با استفاده از رویکرد سیستم‌های پویا و داده‌های ترکیبی ارائه دادند. چوکری (۱۹۹۰) به ارائه مدلی پویا برای بخش نفت کشور مصر با در نظرگیری بخش‌های اکتشاف، تولید، سرمایه‌گذاری و مصرف داخلی و صادرات پرداخت. این مدل برای کشورهای تولیدکننده و در حال توسعه توصیه شده است. باجر و می (۱۹۹۲)، مدلی پویا برای گاز کشور هند طراحی کردند. این مدل پویایی جایگزینی انواع منبع انرژی را برای کمک به سیاست‌گذاران در عرضه انرژی بررسی می‌کند. بالاردین (۲۰۰۵) یک مدل دینامیک سیستم برای شبیه‌سازی توسعه گاز طبیعی در کشور ایتالیا ارائه دادند. مؤسسه انستیتوی هزاره مدل T21 را که از آخرین مدل‌های انرژی‌ای است که با سیستم دینامیک انجام شده را در طول ۲۴ سال توسعه داده است. T21-USA نسخه خصوصی‌سازی شده مدل برای آمریکا است. تائو (۲۰۱۰) از ترکیب سیستم دینامیک و تحلیل عاملی سنتی برای پیش‌بینی الگوی مصرف سرانه نفت خام استفاده کرد و سناریوهای مختلف را تا سال ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار داد. وو و همکاران (۲۰۱۱)، یک مدل سیستم دینامیک برای تجزیه و تحلیل اثرات مکانیسم قیمت شناور بنزین و دیزل در بازارهای تایوان طراحی کردند. اصلانی و همکاران (۲۰۱۴) مدلی دینامیکی با تمرکز خاص بر نقش منابع انرژی تجدیدپذیر برای ارزیابی سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر در فنلاند ارائه دادند. فرنک و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از یک مدل دینامیک سیستم به تجزیه و تحلیل سیاست‌های پیشرو فعلی با هدف افزایش نفوذ سوخت‌های زیستی پرداخته‌اند.

در ایران نیز قادری و همکاران (۱۳۸۴) در بخش انرژی، آثار پرداخت یارانه مستقیم بر نرخ تورم، فشار اقتصادی بر اقبال کم‌درآمد، مصرف سرانه و قاچاق انرژی را با رویکرد سیستم‌های پویا بررسی کردند. پورمعصومی و همکاران (۱۳۸۹)، یک مدل سیستم دینامیک اقتصاد و انرژی ارائه دادند که بخش انرژی شامل هشت بخش: نفت، تجارت خارجی، کشاورزی، جمعیت، آموزش، ماشین‌سازی، فناوری و بخش عمومی بود. محقر و همکاران (۱۳۹۱)، یک مدل سیستم پویا برای ارزیابی اثر سیاست‌های مختلف نفتی و گازی در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران

طراحی کردند و سیاست‌گذاری‌های مختلف برای صنعت نفت و گاز مبتنی بر هدفمندی یارانه‌ها صورت گرفت.

در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده در ایران به‌طور کلی صنعت گاز و بخش‌های اکتشاف و تولید در نظر گرفته شده و به پایین‌دست نفت و به‌طور خاص پتروشیمی پرداخته نشده است. در این مطالعه ارتباط با پایین‌دست، یعنی صنعت پتروشیمی، با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی بررسی شده است. در مطالعات مختلف به بررسی مسائل مربوط به اکتشاف، تولید و سرمایه‌گذاری در بخش نفت پرداخته شده است. در این مطالعه سرمایه‌گذاری در پروژه‌های جدید با توجه به نرخ بازده سرمایه‌گذاری و تأثیر نرخ خوراک و تخفیف فروش داخل بر توجیه‌پذیر بودن طرح‌ها بررسی می‌شود. در سال‌های اخیر اوره و آمونیاک با توجه به قیمت‌های فروش داخل و تغییرات قیمت فروش در بازارهای جهانی و قیمت خوراک گاز در داخل همواره مورد بحث بوده است؛ بنابراین در این پژوهش با بررسی سناریوهای مختلف، آثار اجرای هر تصمیم در سالیان آینده تجزیه و تحلیل می‌شود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در مطالعه حاضر از روش‌شناسی پویایی سیستم استرمن^۱ استفاده می‌شود. در این روش پس از تعریف مسئله و انتخاب رویکرد پویایی سیستمی چند گام باید طی شود: تدوین فرضیه پویا؛ فرضیه پویا^۲ علل رفتار مشکل‌ساز را بیان کرده و مسئله را در قالب بازخوردهای اصولی و ساختارهای حالت و جریان توصیف می‌کند. در سیستم‌های پویا تشریح فرضیه پویا منجر به معادلات، شبیه‌سازی برای درک رفتار پویا، ارزیابی سیاست‌های جایگزین، آموزش و انتخاب سیاست بهتر و اجرای آن می‌شود [۹،۸].

مفهوم‌سازی سیستم: مفهوم‌سازی سیستم شامل تعیین مرز مدل، شناسایی روابط علی و معلولی و چهارچوب سیاست‌ها هست. مرز بسته^۳ بیانگر این است که چه پارامترها و متغیرهایی در چه روابطی با هم قرار می‌گیرند تا سیستم رفتار موردنظر را نشان دهد. مرز بسته عملاً گستره و وسعت مسئله را نشان می‌دهد.

صورت‌بندی مدل: در این مرحله بر اساس حلقه‌های بازخوردی حاصل از نمودار علی و معلولی و روابط بین آن‌ها، متغیرهای سطح، نرخ، کمکی و روابط و فرمول‌های ریاضی بین این متغیرها تعیین می‌شود. ساختمان مدل‌های سیستم‌های پویا شامل متغیرهای حالت^۴ (انباشت) و متغیرهای

-
1. Streman
 2. Dynamic Hypothesis
 3. Closed Boundary
 4. State variable

نرخ^۱ (جریان) است. ساختمان مدل و روابط بین متغیرها به‌وسیله نمودار جریان نمایش داده می‌شود [۱۱ ۱].

اعتبارسنجی مدل: اعتبارسنجی مدل‌های پویایی سیستم فرایندی برای ایجاد اطمینان نسبت به‌درستی و سودمندی مدل به‌عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری است. فرآیند اعتبارسنجی شامل فرآیند انتقالی است که از طریق آن سازنده مدل اطمینان نسبت به سودمندی مدل را به مخاطب موردنظر منتقل می‌کند. این انتقال اطمینان برای ارتقاء درک مدل و اجرای سیاست‌های اثربخش در سیستم واقعی حائز اهمیت است [۲۲].

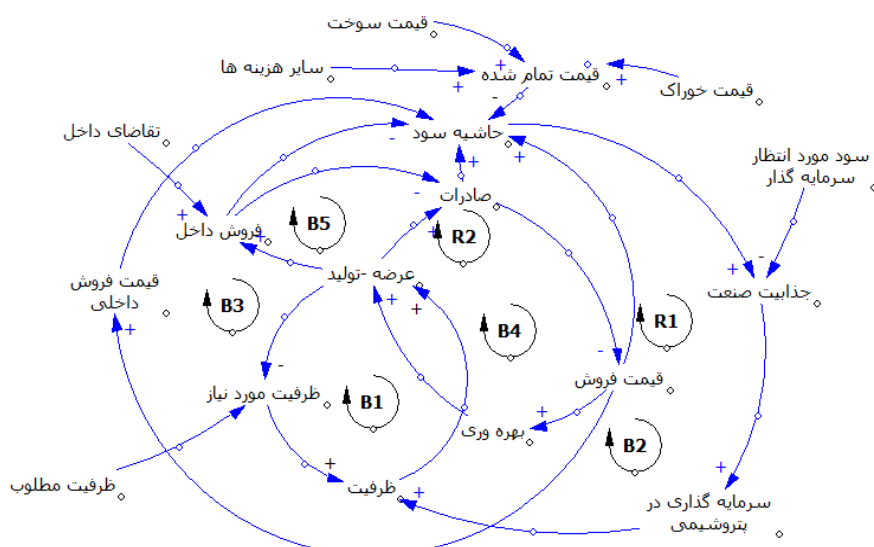
شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌ها: رویکرد سیستم‌های پویا قابلیت آزمون سیاست‌های مختلف و ارزیابی نتایج آن در دوره‌های زمانی را دارد؛ از این‌رو ابزار خوبی برای تطبیق مدل با شرایط محیط واقعی است. در این گام سیاست‌های مختلف شبیه‌سازی می‌شوند و هدف نهایی که بررسی اثر سیاست‌های مختلف بر رفتار سیستم و تلاش برای بهبود سیستم با یادگیری از اثرات اجرای هر سیاست است در این مرحله رخ می‌دهد. [۱]

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

نمودار علی و معلولی. نمودار علت و معلولی پایه و اساس شکل‌گیری بازخورد و سنگ بنای رویکرد پویایی سیستم است. نمودار علی و معلولی با مصاحبه‌های عمیق و استفاده از نظرهای مدیران سازمان‌های مربوطه و خبرگان تصحیح و تکمیل شده است. در این بخش حلقه‌های اصلی نمودار علی و معلولی به‌تفصیل معرفی می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Rate variable



شکل ۱. حلقه‌های اصلی نمودار علی و معلولی

از هفت حلقه نشان داده شده در شکل ۱ دو حلقه بازخوردی مثبت و پنج حلقه بازخوردی منفی است. لازم به توضیح است که اوره در داخل با تخفیف ۳۰ درصدی نسبت به قیمت فروش صادراتی عرضه می‌شود و شرکت‌ها ابتدا ملزم به تأمین نیاز داخلی در حدود ۲ میلیون تن هستند.

حلقه R1: اولین حلقه خودتقویت‌کننده سیستم، رابطه بین صادرات و تولید و ظرفیت را نشان می‌دهد. در این حلقه با افزایش تولید و عرضه، محصول بیشتری برای صادرات موجود است. صادرات بیشتر متوسط حاشیه سود را بیشتر می‌کند و سبب افزایش جذابیت صنعت می‌شود. جذابیت صنعت منجر به سرمایه‌گذاری شده و پس از گذشت زمان تأخیر برای ایجاد ظرفیت منجر به افزایش ظرفیت می‌شود. افزایش ظرفیت نیز به افزایش تولید منجر می‌شود و تولید صادرات را افزایش می‌دهد.

حلقه R2: این حلقه بازخوردی مثبت رابطه بین فروش داخل و تولید را نشان می‌دهد. بدین صورت که با افزایش فروش داخل صادرات کاهش یافته و در نتیجه قیمت فوب افزایش می‌یابد، با افزایش قیمت فوب بهره‌وری بالا می‌رود و تولید افزایش می‌یابد.

در هر سیستمی همواره دو نوع حلقه مثبت و منفی وجود دارد. نوع دوم حلقه‌ها، حلقه‌های هدف‌جو هستند که از حرکت نمایی جلوگیری کرده و متغیرهای انباشت را به سمت مقدارهای خاصی هدایت می‌کنند؛ به عبارت دیگر برای رشدهای موجود در طبیعت همواره عوامل محدودکننده‌ای وجود دارد. در زیرحلقه‌های تعادلی توضیح داده می‌شود:

حلقه B1: اولین حلقه تعادلی با هدف تنظیم ظرفیت با توجه به فاصله با ظرفیت مطلوب مانع از رشد نمایی ظرفیت می‌شود. در این حلقه با افزایش عرضه و تولید نیاز برای ظرفیت کاهش می‌یابد. با کاهش نیاز به ظرفیت از رشد ظرفیت جلوگیری می‌شود.

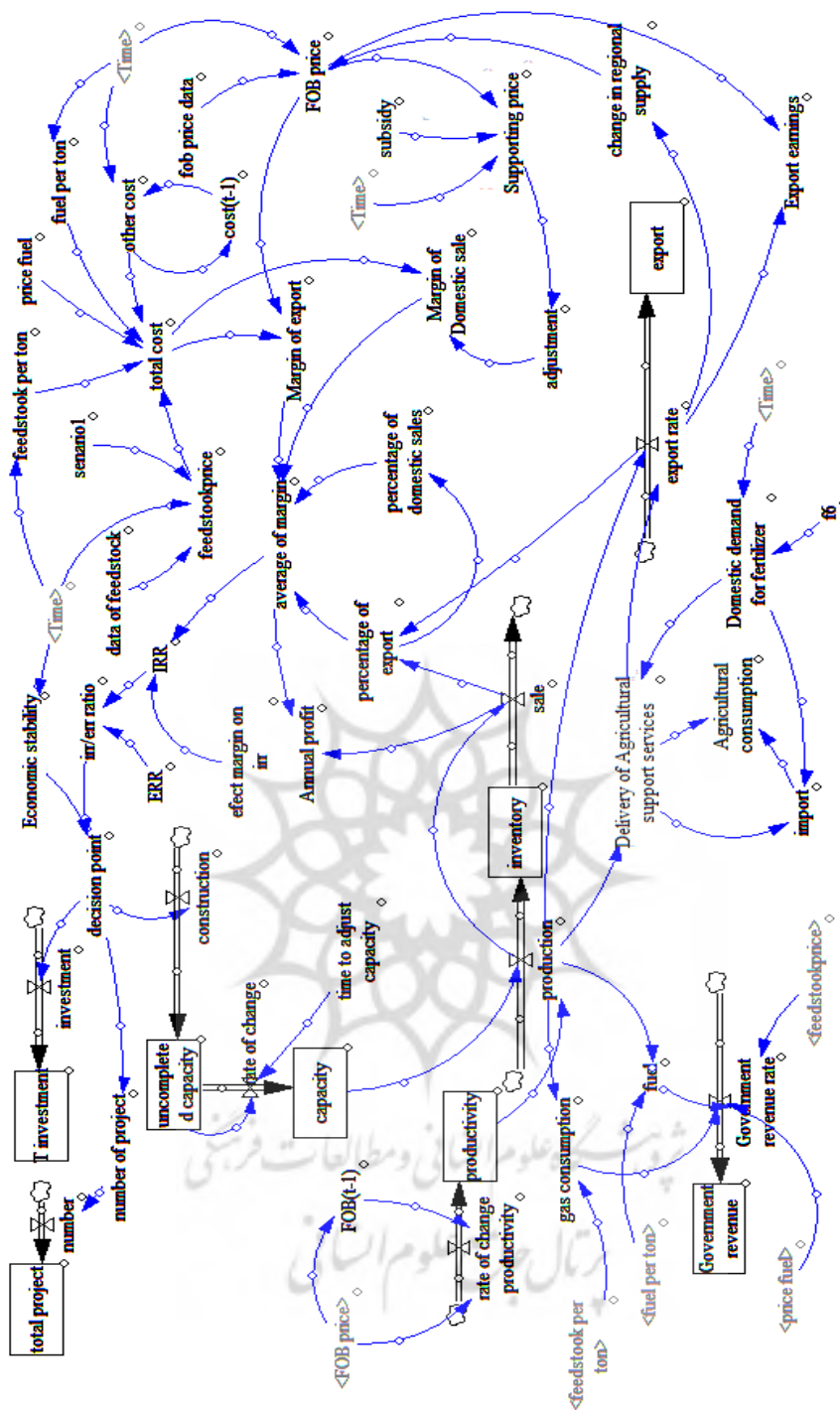
حلقه B2: دومین حلقه در مقابله با حلقه خودتقویت‌کننده R1 فعالیت می‌کند؛ بدین صورت که با افزایش صادرات تعادل عرضه و تقاضای منطقه‌ای به سمت عرضه تغییر کرده و در نتیجه قیمت فوب کاهش می‌یابد. با کاهش قیمت جذابیت کاهش می‌یابد و سرمایه‌گذار تمایل خود برای سرمایه‌گذاری را از دست می‌دهد.

حلقه B3: این حلقه نیز عملکردی مشابه با حلقه قبل دارد و به‌نحوی ادامه کاهش قیمت فوب است. در این حلقه افزایش صادرات منجر به کاهش قیمت فوب شده که این مهم سبب کاهش قیمت فروش داخل و در نتیجه حاشیه سود و درآمد می‌شود و بقیه روابط همانند حلقه قبل دنبال می‌شود.

حلقه B4: حلقه بازخوردی B4 یک حلقه هدف‌جو است که رابطه بین صادرات و تولید محصول را نشان می‌دهد؛ بدین معنا که هر چه تولید بیشتری باشد، سطح صادرات افزایش می‌یابد و قیمت فوب تغییر می‌کند. با افزایش قیمت فوب تمایل به تولید بیشتر شده و در نتیجه بهره‌وری افزایش می‌یابد. با افزایش بهره‌وری تولید نیز بیشتر می‌شود.

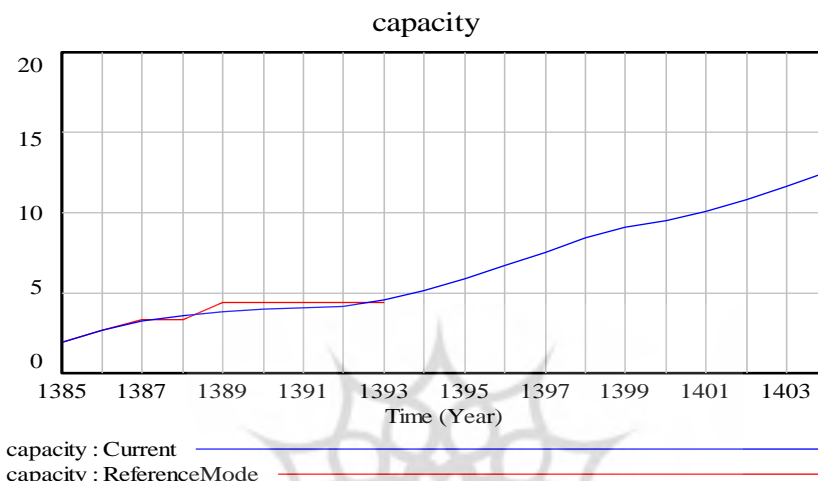
حلقه B5: در حلقه هدف‌جوی پنجم با افزایش تولید، مقدار فروش داخل افزایش می‌یابد. با افزایش فروش داخل صادرات کاهش یافته و متوسط حاشیه سود نیز کاهش می‌یابد که منجر به عدم سرمایه‌گذاری و ظرفیت جدید می‌شود.

اعتبارسنجی مدل ایجادشده. اعتبارسنجی مدل‌های پویایی سیستم فرایندی برای ایجاد اطمینان نسبت به درستی و سودمندی مدل به‌عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری است. در این مطالعه از موارد زیر برای اعتبارسنجی مدل (شکل ۲) استفاده شده است.



شکل ۲. نمودار جریان

بازسازی رفتار مرجع و محاسبه میزان خطا. این آزمون رفتارهای ایجادشده توسط مدل را با رفتار واقعی سیستم مقایسه می‌کند؛ به عبارت دیگر رفتار مدل تا چه حد با رفتار سیستم واقعی از نظر ایجاد مشخصه‌های رفتاری همخوانی دارد. برای بازسازی رفتار مرجع و محاسبه میزان خطا مدل برای سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۳ اجرا شده است. برای نمونه بازتولید رفتار متغیر ظرفیت در نمودار ۱ نشان داده شده است. نمودار ۱ مقدار ظرفیت پیش‌بینی شده و مقدار واقعی را نشان می‌دهد. این دو نمودار رفتاری شبیه به یکدیگر دارند.



نمودار ۱. نتایج بازسازی رفتار مرجع ظرفیت

آزمون محاسبه میزان خطا. محاسبه میزان خطا از روش حداقل خطای مجذورات^۱ (RMSPE) استفاده شده است. بر اساس این شاخص هر چه میزان تفاوت بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده کمتر باشد، به نتایج شبیه‌سازی بیشتر می‌توان اعتماد کرد. میزان خطا در این روش بر اساس فرمول ۱ محاسبه می‌شود.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{T+i}^s - y_{T+i}^a}{y_t} \right)^2} * 100 \quad \text{فرمول (۱)}$$

در فرمول ۱:

y_{T+i}^a : داده‌های واقعی و n نشان‌دهنده تعداد دوره‌ها؛

1. Root Mean Square Percent Error

y_{T+i}^s : نتایج شبیه‌سازی شده.

هر چه میزان RMSPE به صفر نزدیک‌تر باشد به مفهوم خطای کمتر است و نزدیک بودن به ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده خطای بالا است [۲۱] برای محاسبه مقدار دقیق خطا جدول تهیه شده است.

جدول ۱. مقایسه مقدار واقعی ظرفیت و مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل

سال	مقدار واقعی (هزار تن)	مقدار پیش‌بینی شده (هزار تن)	مقدار خطا
۱۳۸۵	۱۹۴۱۰۰۰	۱/۹۰۰۰۰۰	-/۰۱
۱۳۸۶	۲۷۰۷۰۰۰	۲۷۰۰۰۰۰	-/۰۱
۱۳۸۷	۳۳۶۶۷۰۰	۳۲۳۳۳۰	-/۰۷
۱۳۸۸	۴۳۹۴۰۰۰	۳۵۸۸۸۹۰	-/۱۳
۱۳۸۹	۳۳۶۶۷۰۰	۳۸۲۵۹۳۰	-/۰۹
۱۳۹۰	۴۳۹۴۰۰۰	۳۹۸۳۹۵۰	-/۰۹
۱۳۹۱	۴۳۹۴۰۰۰	۴۰۸۹۳۰۰	-/۰۷
۱۳۹۲	۴۳۹۴۰۰۰	۴۱۵۹۵۳۰	-/۰۵
۱۳۹۳	۴۳۹۴۰۰۰	۴۵۳۹۶۹۰	-/۰۳
RMSPE	-/۰۷	متوسط خطا	-/۰۶

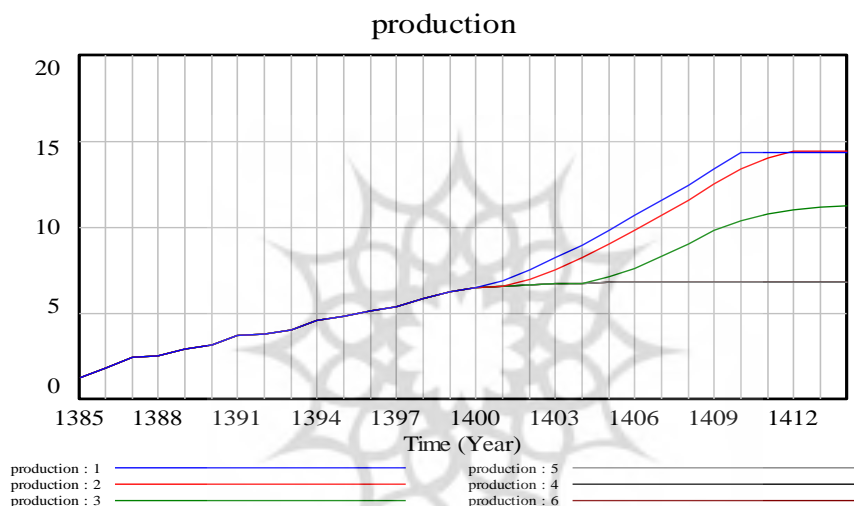
مقدار خطای مدل در مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی به‌طور میانگین، ۰/۰۶ به‌دست آمد که این عدد حاکی از دقت خوب مدل در پیش‌بینی رفتار مرجع است.

نظر خبرگان و آزمون کفایت مرز. نتایج شبیه‌سازی سیستم توسط مدیران سازمان مورد مطالعه و تعدادی از خبرگان دانشگاهی بررسی شد. نتایج مدل از نظر مدیران با تجربه‌های آن‌ها منطبق بود و نتایج موردانتظار خبرگان حاصل شد. مرز مدل باید به اندازه کافی گسترش یابد تا بتواند متغیرهایی که بر مسئله تأثیر می‌گذارند و تأثیر می‌پذیرند را در خود جای دهد. مدیران سازمان‌های مربوطه و خبرگان درگیر با مسئله روابط و متغیرهای در نظر گرفته‌شده در مدل را برای شبیه‌سازی مدل کافی دانستند.

شبیه‌سازی و تحلیل نتایج. یکی از مهم‌ترین استفاده‌های پویایی‌شناسی سیستم‌ها اجرای سناریوهای مختلف و مقایسه نتایج این سناریوها است. در سناریوبندی با توجه به ماهیت مسئله و نظر خبرگان، تصمیم‌های مختلف اتخاذ شد و شبیه‌سازی صورت گرفت. در سناریوی اول وضعیت سیستم در قیمت‌های مختلف خوراک بررسی شد و در سناریوی دوم یک سیاست

ساختاری در نظر گرفته شد که قیمت فروش را مبنای قیمت خوراک قرار می‌دهد. در انتها نیز به ترکیب سیاست‌های قیمت خوراک و قیمت فروش اوره پرداخته شد. در این مطالعه شبیه‌سازی و سناریو پردازی با استفاده از نرم‌افزار «ونسیم» صورت گرفت.

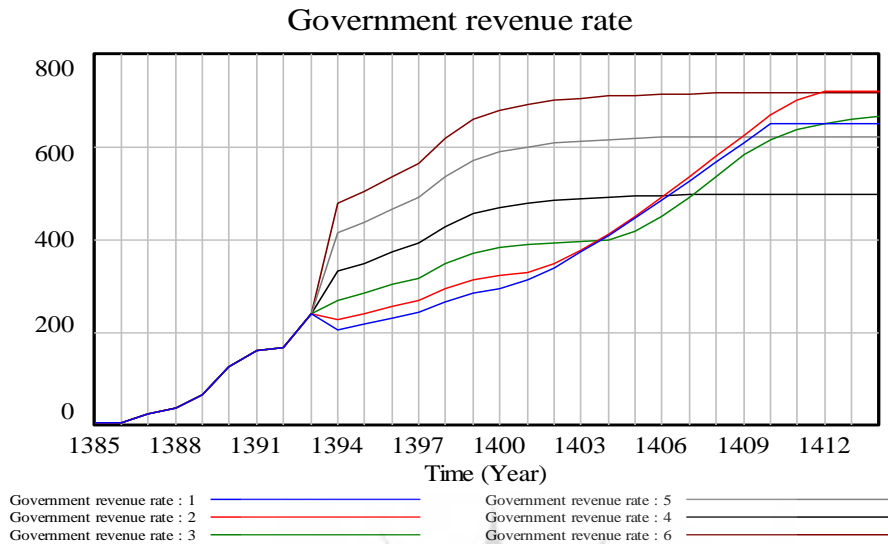
سناریو بندی برای قیمت خوراک. در این سناریو قیمت‌های مختلف با توجه به نظرهای خبرگان و قیمت‌های مطرح‌شده شرکت‌های پتروشیمی و «شرکت ملی گاز» در نظر گرفته شد. سناریوی اول قیمت ۷ سنت برای خوراک، سناریوی دوم ۸ سنت، سوم ۱۰ سنت، چهارم ۱۳، پنجم ۱۷ و سناریوی ششم قیمت ۱۷ سنت است. احتمال پاداری قیمت‌های ۷، ۸، ۱۰ و ۱۳ در سال‌های بعد بیشتر است؛ ولی قیمت‌های ۱۷ و ۲۰ حالت بدبینانه برای قیمت خوراک هستند. در هر یک از قیمت‌ها مدل اجرا شده و نتایج به صورت نمودار ۲ است.



نمودار ۲. نتیجه شبیه‌سازی حاصل از قیمت‌های خوراک مختلف

نمودارهای بالا نشان می‌دهد در صورتی تمام طرح‌های فعلی قابلیت عملی شدن را دارند که نرخ خوراک ۷ و یا ۸ سنت تعیین شود. حتی با نرخ خوراک ۱۰ سنت نیز سرمایه‌گذاری در تعدادی از پروژه‌ها در آینده به صرفه خواهد بود. تنها در صورتی می‌توان به خوراک‌های بیش از این مقدار اندیشید که یا تخفیف فروش داخل تغییر کند و یا تغییراتی در قیمت فروش محصولات رخ دهد که با توجه به کاهش قیمت نفت و مازاد عرضه نسبت به تقاضا دور از انتظار است. نتایج نرخ خوراک‌های متعدد از سال ۱۳۹۷ به بعد، اثر خود را در تولید نشان داده است که این امر ناشی از

زمان لازم برای شروع راه اندازی تولید و تأخیر موجود در سیستم است. اثر قیمت خوراک بر درآمد دولت نیز در نمودار ۳ مشاهده می شود.



نمودار ۳. نتیجه شبیه سازی حاصل از قیمت های خوراک مختلف

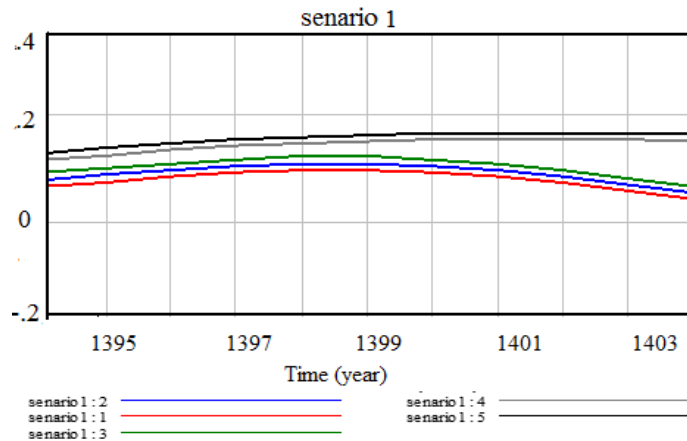
نمودار ۳ اثر قیمت خوراک بر درآمد حاصل از فروش گاز را نشان می دهد. علی رغم اینکه فرض می شود با افزایش قیمت گاز درآمد دولت افزایش می یابد، مشاهده می شود با افزایش قیمت گاز از یک جایی رشد درآمد دولت نسبت به خوراک های ارزان تر کاهش می یابد. علت این امر کمتر بودن حجم مصرف گاز مصرفی به دلیل عدم ایجاد واحدهای جدید در قیمت های بالا است. خوراک های ۷ و ۸ سنت پس از سال ۱۴۰۴ درآمد بیشتری نسبت به خوراک ۱۰ سنت و از سال ۱۴۰۶ نسبت به خوراک ۱۳ سنت و از سال ۱۴۰۹ نسبت به خوراک ۱۷ سنت برای دولت به همراه دارند. حتی نرخ ۸ سنت از سال ۱۴۱۲ درآمد بیشتری نسبت به نرخ ۲۰ سنت تولید می کند؛ همچنین از سال ۱۴۰۸ خوراک ۱۰ سنت درآمد بیشتری نسبت به خوراک ۱۳ سنت و از سال ۱۴۱۲ درآمد بیشتری نسبت به خوراک ۱۷ سنت خواهد داشت در افق ۱۴۱۴ نرخ های خوراک استفاده شده در سناریو به ترتیب ۶۴۸، ۷۱۹، ۶۶۶، ۶۲۲، ۴۹۶، ۷۱۵ میلیون دلار سالانه برای «شرکت ملی گاز» ایجاد خواهد کرد؛ همچنین با افزایش طرح ها نه تنها درآمد دولت افزایش می یابد؛ بلکه تأثیر مثبت بر سایر متغیرها از جمله درآمد ملی، ارزآوری، اشتغال و غیره نیز خواهد داشت. با توجه به برنامه های تولید گاز از «پارس جنوبی» به صرفه است.

با تغییر نرخ خوراک، حجم سرمایه‌گذاری تغییر می‌کند؛ به نحوی که با نرخ‌های ۱۳ سنت و بیشتر سرمایه‌گذاری منطقی نیست و صورت نمی‌گیرد. بیشترین سرمایه‌گذاری در نرخ ۷ سنت با حجم تقریباً ۶۰۰۰ میلیون دلار، سپس در نرخ ۸ سنت با حجمی تقریبی ۵۴۰۰ و بعد از آن در نرخ ۱۰ سنت در حدود ۳۰۰۰ میلیون صورت می‌گیرد. درآمد حاصل از صادرات در افق ۱۴۱۴ با نرخ‌های مختلف تفاوت سالیانه در حد ۱۴۷۷ میلیون دلار برای کشور دارد که با توجه سند چشم‌انداز و اهداف صادراتی کشور تفاوت بسیار مهمی محسوب می‌شود. طبق نتایج بالا خوراک‌های ۷ و ۸ سنت درآمدی ۲۸۷۳ و ۲۸۹۵ میلیون دلار، نرخ ۱۰ سنت ۲۳۲۰ میلیون دلار و نرخ‌های بیشتر از آن ۱۳۹۶ میلیون دلار درآمد تولید می‌کنند. خلاصه نتایج سناریوی اول در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. خلاصه نتایج سناریوی اول

سناریو	نرخ خوراک (سنت)	جدید	تعداد طرح	میلیون دلار سرمایه‌گذاری	حجم	دلار	مجموع درآمد دولت میلیون	مجموع درآمد میلیون دلار	صادراتی	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۱	۷	۱۰	۱۰	۶۰۰۰	حجم	دلار	۹۰۴۰	۳۹۸۱۷	۱۵۹	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۲	۸	۹	۹	۵۴۰۰	حجم	دلار	۹۵۸۰	۳۸۳۳۰	۱۵۱	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۳	۱۰	۶	۶	۳۶۰۰	حجم	دلار	۹۵۴۷	۳۲۵۳۱	۱۲۴	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۴	۱۳	۰	۰	۰	حجم	دلار	۱۲۱۴۴	۲۶۴۳۶	۱۰۰	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۵	۱۷	۰	۰	۰	حجم	دلار	۹۶۹۹	۲۶۴۳۶	۱۰۰	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع
۶	۲۰	۰	۰	۰	حجم	دلار	۱۳۹۷۸	۲۶۴۳۶	۱۰۰	مجموع درآمد	میلیون تن	صادرات	مجموع

نوع دوم سناریوی قیمت خوراک، ربط دادن قیمت خوراک و قیمت فروش با در نظر گرفتن حاشیه سودهای متفاوت است. با ارتباط قیمت‌های خوراک و قیمت فروش محصولات هم می‌توان به قیمت خوراک مناسب دست یافت و هم شرکت‌های پتروشیمی‌ها به سود خود می‌رسند؛ همچنین روش بر اساس بازدهی محصول نهایی بوده و به عدالت نزدیک‌تر است. با تغییر حاشیه سودهای مختلف قیمت خوراک در سال‌های مختلف فرق می‌کند. نتیجه نرخ خوراک با حاشیه سودهای ۱۱۵، ۱۱۰، ۱۰۵، ۱۰۰ و ۹۰ دلار بر تن به صورت نمودار ۴ است.



نمودار ۴. نتیجه شبیه‌سازی حاصل از ارتباط بین قیمت خوراک و قیمت فروش

با توجه به محاسبات نرخ بازده سرمایه‌گذاری نتایج اجرای سوم برای اقتصادی‌شدن طرح‌ها در مرز است. طبق نتایج این اجرا قیمت خوراک در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ بین ۸ تا ۱۳ سنت تغییر می‌کند و میانگین در طول این سال‌ها ۱۱ سنت است؛ البته این مقدار تا سال ۱۴۰۰ برقرار است و بعد از آن با کاهش قیمت ایجادشده در اثر افزایش عرضه باد کاهش یابد.

سناریوبندی برای قیمت فروش (سناریوی ترکیبی). در این بخش برای قیمت فروش داخل چند سیاست در نظر گرفته شده است. با توجه به نتایج سناریوهای اول در این سیاست با تعدیل و افزایش قیمت فروش داخلی، شرایط شبیه‌سازی شده و محدوده‌ای که برای سرمایه‌گذاری به‌صرفه نیست در شرایط تغییر قیمت فروش داخل بررسی می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳ سناریو سوم

سناریو	قیمت خوراک سنت	قیمت فروش داخل
اول	۱۰	۰/۹۰ فوب
دوم	۱۰	قیمت فوب
سوم	۱۱	۰/۹۰ فوب
چهارم	۱۱	قیمت فوب
پنجم	۱۲	۰/۹۰ فوب
ششم	۱۲	قیمت فوب
هفتم	۱۳	قیمت فوب
هشتم	۱۷	قیمت فوب
نهم	۲۰	قیمت فوب

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف این مطالعه تلاش برای تحلیل روابط موجود و عوامل مؤثر بر صنعت اوره و آمونیاک ایران از جمله: قیمت خوراک، تخفیف فروش داخل، تعداد و حجم سرمایه گذاری و غیره است؛ بدین منظور بعد از تعریف مسئله موردنظر، رویکرد پویایی سیستمی برای مدل سازی و شبیه سازی استفاده شد. نتایج نشان داد که کاهش قیمت فروش در سال های آینده می تواند حساسیت را نسبت به تغییرات نرخ خوراک افزایش دهد. با توجه به کاهش قیمت نفت و گاز از یک طرف و ایجاد طرح های جدید و رشد بیشتر عرضه نسبت به تقاضا از طرف دیگر، احتمال زیادی برای کاهش قیمت در آینده وجود دارد. عامل مهم دیگر، قیمت های فروش داخلی است. به منظور حمایت از کشاورزی به صورت تکلیفی قیمت داخل با تخفیف ۳۰ درصدی نسبت به قیمت فوب به سازمان خدمات حمایتی کشاورزی فروخته می شود.

دیگر عامل مهم در تعیین نرخ خوراک سرمایه گذاری در واحدهای جدید، نرخ بازده داخلی و نرخ موردانتظار سرمایه گذار است که باید در تصمیم گیری به آن توجه شود. برای یک واحد یک میلیون تنی حدود ۶۰۰ میلیون دلار هزینه و برای بهره برداری، ۴ سال زمان لازم است. باید دید که سرمایه گذاران با چه نرخ خوراک و حاشیه سودی حاضر به سرمایه گذاری در این طرح ها هستند.

در صورتی تمام طرح های فعلی قابلیت عملی شدن دارند که نرخ خوراک ۷ و یا ۸ سنت تعیین شود. حتی با نرخ خوراک ۱۰ سنت نیز سرمایه گذاری در تعدادی از پروژه ها در آینده به صرفه خواهد بود. با تغییر قیمت های فروش و حذف یارانه فروش و یا کاهش درصد آن می توان شرایطی به وجود آورد که بتوان قیمت خوراک را تغییر داد. با فروش به قیمت ۰/۹۰ فوب قیمت ۱۱ سنت و با فروش به قیمت فوب، قیمت خوراک ۱۲ سنت را می توان اعمال کرد؛ همچنین نتایج حاکی از تأثیر زیاد تخفیف داخل در سوددهی طرح ها است که با افزایش این تخفیف حتی اثر آن از تغییر نرخ خوراک نیز بیشتر است.

با تغییر نرخ خوراک، حجم سرمایه گذاری میزان زیادی تغییر می کند؛ به نحوی که با نرخ های ۱۳ سنت و بیشتر سرمایه گذاری منطقی نیست و صورت نمی گیرد. بیشترین سرمایه گذاری ها در نرخ های ۷، ۸ و ۱۰ سنت به ترتیب با حجم های ۶۰۰۰، ۵۴۰۰ و ۳۰۰۰ میلیون دلار صورت می گیرد.

درآمد حاصل از صادرات در افق ۱۴۱۴ با نرخ های مختلف تفاوت سالیانه در حد ۱۴۷۷ میلیون دلار برای کشور دارد. خوراک های ۷ و ۸ سنت، ۲۸۷۳ و ۲۸۹۵ میلیون دلار، نرخ ۱۰ سنت، ۲۳۲۰ میلیون دلار و نرخ های بیشتر از آن، ۱۳۹۶ میلیون دلار درآمد ایجاد می کنند.

با ارتباط بین قیمت‌های خوراک و قیمت فروش محصولات هم می‌توان به قیمت گاز مناسب دست یافت و هم شرکت‌های پتروشیمی به سود خود می‌رسند. طبق نتایج با این ارتباط قیمت خوراک در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ ۸ تا ۱۳ سنت تغییر می‌کند و میانگین در طول این سال‌ها ۱۱ سنت است.

با افزایش بیش‌ازحد قیمت گاز از یک جایی در نمودار رشد درآمد دولت نسبت به خوراک‌های ارزان‌تر کاهش می‌یابد، علت این امر کمتر بودن حجم مصرف گاز مصرفی به دلیل عدم ایجاد واحدهای جدید در این مقدار قیمت است. در افق ۱۴۱۴ نرخ‌ها به ترتیب درآمد ۶۴۸، ۷۱۹، ۶۶۶، ۶۲۲، ۴۹۶، ۷۱۵ میلیون دلار سالیانه برای «شرکت ملی گاز» ایجاد خواهد کرد.

پیشنهاد می‌شود از قیمت‌گذاری بر اساس رابطه بین قیمت فروش اوره و قیمت خوراک استفاده شود. این نوع قیمت‌گذاری علاوه بر عادلانه بودن در بلندمدت روشی است که باعث ثبات شیوه قیمت‌گذاری شده و سرمایه‌گذار با شرایط قابل پیش‌بینی تری روبه‌رو می‌شود.

با توجه به پیش‌بینی‌های قیمت فروش و کاهش جذابیت طرح‌ها در نظر گرفتن ده طرح جدید اوره قابل‌بازبینی است. این امر احتمالاً ناشی از تصمیم‌هایی است که بر اساس قیمت‌های اوره در سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ اتخاذ شده و با توجه به تأخیر اطلاعاتی در حال حاضر موضوع عملیاتی شدن آن‌ها مطرح است. با توجه به نرخ خوراک و نرخ بازده سرمایه‌گذاری مطرح‌شده باید بررسی لازم برای تعیین تعداد دوباره این طرح‌ها صورت گیرد.

پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

- قیمت‌گذاری خوراک با مقایسه ارزش محصول نهایی شرکت‌های اوره و آمونیاکی نسبت به سایر محصولات پتروشیمی؛
- قیمت‌گذاری خوراک با توجه به تسری درآمدهای بالادستی به پایین دست و اثر آن بر توسعه زنجیره ارزش در صنعت پتروشیمی؛
- توسعه مدل مطالعه از طریق گسترش مرزهای سیستم و در نظر گرفتن متغیرهای برون‌زای بیشتر در مدل.

توضیحات. برای اعداد و ارقام و داده‌های کمی از گزارش‌های عملکرد سالانه صنعت پتروشیمی، گزارش‌های SRI FERTECOM و CRU، گزارش «بانک جهانی»، «سایت گمرک» و «سایت کدال» استفاده شده است.

منابع

1. Azar, A., Gholamrezaei, D., Danaeifar, H., & Khodadad Hosseiny, H. (1392). Dynamic analysis between industry and university in higher education policy of Fifth development program by system dynamic approach. *Industrial Management Perspective*, 9, 79-116.
2. Apostolopoulou, Evgenia, Bain, Barrie, Rowe, H. (2012). Fertecon Urea Outlook Quarterly outlook for the international urea market.
3. Aslani, A., Helo, P., & Naaranoja, M. (2014). Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach. *Applied Energy*, 113, 758° 765.
4. Ballardin, G. (2005). Environmental benefits and economic rationale of expanding the Italian natural gas private car fleet. In *Proceedings of the 23rd System Dynamics Conference, Boston, USA*.
5. BankWorld. (2014). World Bank Commodities Price Forecast (nominal US dollars) World Bank Commodities Price Forecast (real 2010 US dollars), (January), 1° 4.
6. Bassi, A. M., & Shilling, J. D. (2010). Informing the US energy policy debate with Threshold 21. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(3), 396° 410.
7. Chenavaz, R., Carrier, L.-P., Etienne, L., & Paraschiv, C. (2011). Dynamic pricing in management science. *Journal of Economic Studies and Research DOI*, 10(2011.283).
8. Faghih, N., Ranaei Kordshooli, H., Mohammadi, A., Samadi, A.H, Mousavi Haghghi, M. H., Ghafornyan, M. (1392). Assessment of Services Supply Chain of Iran Fixed Communications by System Dynamics Approach *Industrial management Perspective*, 11, 111-138.
9. Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 245° 256
10. Franco, C. J., Zapata, S., & Dyner, I. (2015). Simulation for assessing the liberalization of biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 298° 307.
11. Georgiadis, P., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 351° 364.
12. Ghaderi, F., Razmi, J., Seddighi, & A. (1384). The effect of energy directly subsidizing on macroeconomic indicators by systemic approach, *Journal of Faculty of Engineering*, 39, 527-537.
13. Glauser, James Chiyo, F. (2014). Chemical Economics Handbook. *Text*.
15. Malmir, B. (2014). A system dynamics approach to housing prices: A case study of the Tehran real estate market, 450° 460.
15. Mohaghar, A., Sharif Salim, A. R., & Zare MirakAbadi, A. (1391). Modeling energy policy in the oil and gas industry (based options subsidy optimizing). *New Economics and Business*, 28, 23-43.
16. Mousavi Haghghi, M. H., Ranaei Kordshooli, H., Ghafornyan, M. (1392). Analysis of mobile phone market with system dynamics approach. *Industrial Management Perspective*, 9, 135-158.
17. Mir-Kazemi M. M., Mohaghar, A. (1391). Simulate the effect of investment policy on the accumulation of innovation using system dynamics approach. *Journal of Industrial Management, School of Humanities*, 19, 81-95
18. Pormasomy, Said, shetab, Bushehri, Seyed Nader, Arbab Shirani, Behroz, mashayekhi, Alinaghi, 1389. A system dynamics model for the investigation and analysis of system of economy-energy of Iran. *Sharif*. 2, pp. 71-87.
19. Ray, S., Goldar, A., & Saluja, S. (2014). Feedstock for the Petrochemical Industry.
20. Sánchez, J. J., Barquín, J., Centeno, E., & López-Peña, A. (2007). System Dynamics models for generation expansion planning in a competitive framework: oligopoly and market power representation. In *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamic Society, Boston*.

21. Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world* (Vol. 19). Irwin/McGraw-Hill Boston.
22. Sushil. (1993). *System dynamics: a practical approach for managerial problems*. Wiley Eastern Limited.
23. Tao, Z. (2010). Scenarios of China oil consumption per capita (OCPC) using a hybrid Factor Decomposition° System Dynamics (SD) simulation. *Energy*, 35(1), 168° 180.
24. Wallace, Alistair, Taarland, Lars, et al. (2015). Urea Market Outlook. *Global Commodity Industry Pricing & Market Analysis*.
25. Wu, J.-H., Huang, Y.-L., & Liu, C.-C. (2011). Effect of floating pricing policy: An application of system dynamics on oil market after liberalization. *Energy Policy*, 39(7), 4235° 4252.
26. <http://www.codal.ir/>
27. <http://www.irica.gov.ir/>

