





دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار

ارزیابی اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر مدیریت سرمایه‌گذاری بخش انرژی (رویکرد

سیستم دینامیک)

نگارنده: فاطمه قهرمانی

استاد راهنما:

دکتر محمد علی مولایی

استاد مشاور:

دکتر حسین رضایی

شهریور ۱۳۹۵

دانشگاه شاهرود

دانشکده : مهندسی صنایع و مدیریت

گروه : MBA

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم فاطمه قهرمانی

عنوان:

ارزیابی اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر مدیریت سرمایه‌گذاری بخش

انرژی (رویکرد سیستم دینامیک)

در تاریخ ۹۵/۶/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مدیریت MBA

مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر حسین رضایی		نام و نام خانوادگی : دکتر محمدعلی مولایی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر علی اکبر حسنی		دکتر سید مجتبی میرلوحی
			دکتر علی دهقانی

تقدیم

به مادر و پدر عزیزم که در رشد و اعتلای من از هیچ زحمتی فروگذار نبودند.

و

به همسر عزیزم...

تقدیرنامه

ضمن سپاس و ستایش به درگاه ایزد منان که به من توانایی داد که با استعانت از او بتوانم این پژوهش را انجام دهم، بر خود لازم می‌بینم از دلگرمی و تشویق اساتید و دوستان که در نگارش این مجموعه مرا یاری نمودند، قدردانی نمایم:

جناب آقای دکتر محمدعلی مولایی، استاد راهنما، که در طول نگارش این مجموعه با راهنمایی‌های عالمانه و بجایشان، سکاندار شایسته‌ای در هدایت این پایان نامه بوده‌اند.

جناب آقای دکتر حسین رضایی، استاد مشاور، که با سعه صدر مشاوره این تحقیق را پذیرفتند و در طول نگارش این مجموعه همواره از نظرات کارشناسانه‌شان، بهره جستیم.

همچنین از ریاست محترم دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت، اساتید عزیزم، آموزش دانشکده، و سایر دوستان و سروران ارجمندی که طی اجرای این تحقیق به نحوی همکاری صمیمانه‌ای با من داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از پدر و مادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه‌جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان‌نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم؛ همسر عزیز و مهربانم به جهت همراهی و همفکری در خلال سالیان تحصیلم، صمیمانه متشکر و سپاسگذارم که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند.

فاطمه قهرمانی

تابستان ۱۳۹۵

تعهدنامه

اینجناب فاطمه قهرمانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد M.B.A دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه " ارزیابی اثرات تعدیل قیمت حامل های انرژی بر مدیریت سرمایه گذاری بخش انرژی (رویکرد سیستم دینامیک)"

تحت راهنمایی جناب آقای دکتر محمد علی مولایی متعهد می شوم:

- تحقیقات این پایان نامه توسط اینجناب صورت گرفته و از صحت و اصالت برخوردار می باشد.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر، به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون 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 می باشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه صنعتی شاهرود به چاپ خواهد رسید.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، 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

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطالب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه، ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه، بدون ذکر مرجع، مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی آثار تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر سرمایه‌گذاری بخش انرژی و همچنین مدیریت سرمایه‌گذاری در بخش انرژی، به صورت پویا و با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک با نرم‌افزار Vensim می‌باشد. این هدف در چارچوب مدلی متشکل از بخش تولید (GDP)، بخش مصرف (مصرف بخش خصوصی و دولتی)، بخش سرمایه‌گذاری (سرمایه‌گذاری در بخش انرژی و بخش‌های غیرانرژی)، و مصرف انرژی شامل نفت و گاز و الکتریسیته می‌باشد. در این مدل روابط علی- معلولی بین بخش انرژی و سایر بخش‌های اقتصاد از طریق رویکرد سیستم دینامیک شبیه‌سازی شده، ضرائب پارامترها نیز از طریق نرم‌افزار Eviews با ورود داده‌های تاریخی به‌دست آمده و سپس کالیبره شدند. برای تحلیل حساسیت مدل و بررسی تاثیر تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر میزان مصرف و سرمایه‌گذاری انرژی از سه سناریو استفاده به این ترتیب که در سناریو پایه روند تغییرات قیمت حامل‌های انرژی و درآمدهای نفتی حاصل از فروش نفت به صورت واقعی فرض شده و مدل شبیه‌سازی شد، در سناریو ۱: کاهش درآمدهای نفتی حاصل از صادرات تا سال ۱۳۹۵ و ثابت بودن از این سال به بعد و تثبیت قیمت سایر حامل‌های انرژی که در نتیجه آن سرمایه‌گذاری در بخش انرژی کاهش یافته و مقدار مصرف با توجه ثبات قیمت‌ها شیب مثبت ولی بسیار کم داشته است، و در سناریو ۲: افزایش درآمد حاصل از صادرات نفت مطابق با قیمت جهانی نفت و رفع تحریم‌های بین-المللی و افزایش قیمت حامل‌های انرژی در شرایط سطح پایین تورم، که در نتیجه آن مصرف انرژی کاهش یافت و بخش سرمایه‌گذاری مدل با توجه به افزایش قیمت حامل‌ها صرفاً شیب منفی پیدا نکرده است و به دلیل وجود درآمدهای نفتی و همین‌طور افزایش درآمدهای حاصل از فروش انرژی در کشور سرمایه‌گذاری در کشور افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج مدل، سیاست‌گذاران بخش انرژی می‌توانند بهترین تصمیم و راه‌حل را در اختیار سازمان و دولت قرار دهند، به طوریکه با توجه به کمبود منابع انرژی در سطح دنیا و روند کاهنده این منابع، نحوه عرضه آنها در اقتصاد کشور مدیریت شود.

واژگان کلیدی: سیستم دینامیک، انرژی، حامل‌های انرژی، مدیریت سرمایه‌گذاری انرژی

مقالات مستخرج

۱. قهرمانی ف و مولایی م و رضایی ح، (۱۳۹۴)، "بررسی تابع تقاضای نفت کشور ایران با رویکرد سیستم دینامیک و اقتصادسنجی طی دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۱"، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش-های نوین در مدیریت، اقتصاد، حسابداری، پذیرش نهایی و چاپ.
۲. قهرمانی ف و مولایی م و رضایی ح، (۱۳۹۵)، بررسی اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر روی سرمایه‌گذاری در بخش انرژی (رویکرد سیستم دینامیک)"، فصل‌نامه اقتصاد انرژی ایران، دانشگاه علامه، در دست داوری.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول.....	۱
کلیات پژوهش.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ بیان مسئله.....	۳
۳-۱ ضرورت و توجیه انجام پژوهش.....	۵
۴-۱ هدف پژوهش.....	۷
۵-۱ سوالات و فرضیات پژوهش.....	۸
۶-۱ روش و ابزار گردآوری اطلاعات.....	۸
۷-۱ قلمرو پژوهش.....	۹
۸-۱ نوآوری پژوهش.....	۹
۹-۱ توصیف اصطلاحات و واژگان کلیدی.....	۹
فصل دوم.....	۱۳
مرور ادبیات و پیشینه پژوهش.....	۱۳
۱-۲ مقدمه.....	۱۴
۲-۲ پویایی‌شناسی سیستمی.....	۱۶
۳-۲ مدیریت انرژی.....	۱۷
۴-۲ سرمایه‌گذاری مالی پروژه‌های مدیریت انرژی.....	۱۸
۵-۲ اهمیت حامل‌های انرژی.....	۲۲
۶-۲ آشنایی با تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی.....	۲۳
۲-۶-۱ مراحل مختلف نظری تدوین مدل و فرایند مدل‌سازی پویایی‌شناسی سیستمی.....	۲۳
۲-۶-۲ نمودار علی - معلولی مدل‌های ساده تک حلقوی و مدل‌های چند حلقوی.....	۲۵
۲-۶-۳ تعریف چند اصطلاح.....	۲۷
۲-۶-۴ نحوه نمایش مدل.....	۲۸
۲-۶-۵ رویکردهای مختلف تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی به مسأله تخمین پارامتر.....	۲۹
۲-۶-۵-۱ روش‌های تخمین پارامتر در مکتب کلاسیک تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی.....	۲۹
۲-۶-۶ روش‌های کالیبراسیون در مدل‌های تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی.....	۳۰
۷-۲ مقایسه تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی با اقتصادسنجی.....	۳۲
۸-۲ مدل‌های اقتصادسنجی.....	۳۳
۲-۸-۱ محدودیت‌های مدل‌سازی اقتصادسنجی.....	۳۳
۹-۲ پیشینه.....	۳۴

۳۴	۱-۹-۲ مطالعات داخلی
۴۱	۱-۱-۹-۲ مدل‌های کلان انجام شده با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی مشتمل بر بخش انرژی در ایران
۴۳	۲-۹-۲ مطالعات خارجی
۴۵	۱-۲-۹-۲ مروری بر تحقیقات کلان انرژی در جهان
۴۹	فصل سوم
۴۹	روش تحقیق
۵۰	۱-۳ مقدمه
۵۱	۲-۳ نوع پژوهش
۵۲	۳-۳ روش گردآوری داده‌ها
۵۳	۴-۳ ویژگی‌های ساختار مدل
۵۳	۱-۴-۳ تعریف نمادهای استفاده شده در مدل
۵۵	۵-۳ تصریح روابط ساختاری و تخمین اولیه پارامترهای مدل
۵۸	۱-۵-۳ بخش تقاضای کل
۶۵	۲-۵-۳ بخش درآمدهای دولت
۶۷	۳-۵-۳ بخش انرژی
۷۵	۱-۵-۳-۵-۳ سرمایه‌گذاری برای نفت
۷۷	۲-۵-۳-۵-۳ سرمایه‌گذاری برای گاز
۷۸	۳-۵-۳-۵-۳ سرمایه‌گذاری بخش برق
۸۰	۴-۵-۳ جمعیت
۸۱	فصل چهارم
۸۱	کالیبراسیون پارامترها، سناریوسازی، شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت مدل
۸۲	۱-۴ کالیبراسیون پارامترها
۸۲	۱-۱-۴ بیان ریاضی مدل
۸۶	۲-۴ بیان نتایج مدل
۹۵	۳-۴ شبیه‌سازی در چارچوب مدل
۹۶	۴-۴ تغییر قیمت حامل‌های انرژی
۱۰۴	۱-۴-۴ اثر افزایش قیمت نفت
۱۰۵	۲-۴-۴ تغییرات مصرف فرآورده‌های مختلف انرژی در اثر تعدیل قیمت‌های انرژی
۱۰۹	۳-۴-۴ اثر تغییرات قیمت حامل‌های انرژی بر سرمایه‌گذاری انرژی
۱۱۳	فصل پنجم
۱۱۳	جمع‌بندی و پیشنهادات
۱۱۴	نتایج

محدودیت‌های تحقیق.....	۱۱۶
پیشنهادات.....	۱۱۷
منابع.....	۱۱۹
ABSTRACT.....	۱۲۶

فهرست جداول

جدول (۱-۲) مراحل نظری مدل‌سازی (ترابی، ۱۳۸۷).....	۲۴
جدول (۲-۲) ویژگی‌های نمودارهای علی - معلولی و حالت - جریان (ترابی، ۱۳۸۷).....	۲۶
جدول (۱-۳) تخمین اولیه پارامترهای معادله مخارج مصرفی بخش خصوصی به روش OLS.....	۶۰
جدول (۲-۳) تخمین پارامترهای معادله مخارج مصرفی دولت به روش OLS.....	۶۱
جدول (۳-۳) تخمین پارامترهای معادله کل سرمایه‌گذاری به روش OLS.....	۶۴
جدول (۴-۳) تخمین پارامترهای معادله درآمدهای مالیاتی به روش OLS.....	۶۶
جدول (۵-۳) تخمین پارامترهای معادله تقاضای نفت به روش OLS.....	۶۹
جدول (۶-۳) تخمین پارامترهای معادله تقاضای گاز به روش OLS.....	۷۰
جدول (۷-۳) تخمین پارامترهای تقاضای برق بخش مسکونی به روش OLS.....	۷۴
جدول (۱-۴) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده.....	۸۶
جدول (۲-۴) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده.....	۸۷
جدول (۳-۴) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده.....	۸۸

فهرست نمودارها

عنوان	صفحه
نمودار (۱-۱) مدل مفهومی پژوهش.....	۹
نمودار (۱-۲) متغیر حالت و متغیرهای نرخ (ترابی، ۱۳۸۷).....	۲۵
نمودار (۲-۲) زمان حایل.....	۲۷
نمودار (۳-۲) نمودار حالت - جریان افزایش جمعیت.....	۲۸
نمودار (۴-۲) نمودار چرخه‌ی کامل تولید منابع پایان پذیر $Q=0 \infty Pdt$	۴۴

- نمودار (۱-۳) بخش‌های مجزا شده در مدل طراحی شده ۵۶
- نمودار (۲-۳) بخش مدل و روابط علی و معلولی در مدل کلان انرژی طراحی شده ۵۷
- نمودار (۳-۳) بخش تقاضای کل در مدل ۵۸
- نمودار (۴-۳) اجزای تشکیل دهنده مصرف بخش خصوصی ۵۹
- نمودار (۵-۳) اجزای تشکیل دهنده مصرف بخش دولتی ۶۱
- نمودار (۶-۳) کل سرمایه‌گذاری در اقتصاد ۶۲
- نمودار (۷-۳) کل سرمایه‌گذاری بخش انرژی ۶۳
- نمودار (۸-۳) رابطه اجزای مخارج سرمایه‌گذاری معمولی ۶۳
- نمودار (۹-۳) بخش‌های صادرات و واردات ۶۴
- نمودار (۱۰-۳) درآمدهای مالیاتی دولت ۶۵
- نمودار (۱۱-۳) بیان درآمدهای حقیقی نفتی دولت بصورت تابعی از زمان ۶۷
- نمودار (۱۲-۳) رابطه اجزای تشکیل دهنده تقاضای نفت ۶۸
- نمودار (۱۳-۳) بیان قیمت نفت بصورت تابعی از زمان ۶۸
- نمودار (۱۴-۳) رابطه اجزای تشکیل دهنده تقاضای گاز ۷۰
- نمودار (۱۵-۳) مصرف کلی برق (مجموع مصرف سه بخش مسکونی، صنعتی و کشاورزی) ۷۱
- نمودار (۱۶-۳) تقاضای برق بخش مسکونی ۷۲
- نمودار (۱۷-۳) بیان قیمت برق مسکونی بصورت تابعی از زمان ۷۲
- نمودار (۱۸-۳) تقاضای برق بخش صنعت ۷۲
- نمودار (۱۹-۳) بیان قیمت برق صنعتی بصورت تابعی از زمان ۷۳
- نمودار (۲۰-۳) تقاضای برق بخش کشاورزی ۷۳
- نمودار (۲۱-۳) بیان قیمت برق کشاورزی بصورت تابعی از زمان ۷۳
- نمودار (۲۲-۳) کل مصرف انرژی ۷۵
- نمودار (۲۳-۳) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش نفت ۷۷
- نمودار (۲۴-۳) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش گاز ۷۸
- نمودار (۲۵-۳) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش برق ۷۹
- نمودار (۲۶-۳) نحوه رشد جمعیت در مدل ۸۰
- نمودار (۱-۴) تولید ناخالص داخلی ۸۹

۸۹	..... نمودار (۲-۴) رشد جمعیت
۹۰	..... نمودار(۳-۴) سرمایه‌گذاری کل به جز بخش انرژی
۹۰	..... نمودار(۴-۴) سرمایه‌گذاری کل بخش انرژی
۹۱	..... نمودار(۵-۴) جریان‌های ورودی سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف انرژی، الکتریسیته، گاز، نفت
۹۱	..... نمودار(۶-۴) سرمایه‌گذاری انرژی در بخش نفت
۹۲	..... نمودار (۷-۴) سرمایه‌گذاری انرژی در بخش الکتریسیته
۹۲	..... نمودار(۸-۴) سرمایه‌گذاری انرژی در بخش گاز
۹۳	..... نمودار(۹-۴) مصرف فرآورده‌های نفتی در اقتصاد
۹۳	..... نمودار(۱۰-۴) مصرف انرژی گاز طبیعی در اقتصاد
۹۴	..... نمودار (۱۱-۴) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش کشاورزی
۹۴	..... نمودار(۱۲-۴) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش صنعت
۹۵	..... نمودار(۱۳-۴) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش مسکونی
۹۵	..... نمودار(۱۴-۴) خالص درآمدهای مالیاتی دولت
۹۹	..... نمودار(۱۵-۴) کاهش GDP در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN
	..... نمودار(۱۶-۴) کاهش مصرف برق در بخش کشاورزی در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه
۹۹	..... BASERUN
	..... نمودار(۱۷-۴) کاهش مصرف برق در بخش صنعتی در سناریو ۱ نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲
۱۰۰	..... نمودار(۱۸-۴) کاهش مصرف برق در بخش خانگی در سناریو اول نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲
	..... نمودار(۱۹-۴) کاهش مصرف نفت در سناریو اول نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲
۱۰۱	..... نمودار(۲۰-۴) کاهش مصرف گاز در سناریو اول و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN
	..... نمودار (۲۱-۴) افزایش و کاهش متناوب سرمایه‌گذاری کل در بخش انرژی در بلند مدت در سناریو ۱ و افزایش در بلند مدت در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN
۱۰۲	..... نمودار(۲۲-۴) ثبات تقریبی سرمایه‌گذاری در بخش گاز در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN
۱۰۲	..... نمودار(۲۳-۴) کاهش سرمایه‌گذاری در بخش برق در سناریو ۱ و افزایش سرمایه‌گذاری در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN
۱۰۳	..... پایه BASERUN

- نمودار(۴-۲۴) کاهش سرمایه‌گذاری در بخش نفت در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه
 ۱۰۳.....BASERUN
- نمودار(۴-۲۵) تعدیل قیمت نفت در مدل..... ۱۰۵.....
- نمودار(۴-۲۶) تغییرات مصرف فرآورده‌های نفتی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی نفت وسایر..... ۱۰۶.....
- نمودار(۴-۲۷) تعدیل قیمت گاز در مدل..... ۱۰۶.....
- نمودار(۴-۲۸) کاهش مصرف گاز طبیعی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی گاز و دیگر..... ۱۰۷.....
- نمودار(۴-۲۹) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش کشاورزی..... ۱۰۷.....
- نمودار(۴-۳۰) کاهش مصرف الکتریسیته در بخش کشاورزی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی برق و دیگر..... ۱۰۸.....
- نمودار(۴-۳۱) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش صنعت..... ۱۰۸.....
- نمودار(۴-۳۲) کاهش مصرف الکتریسیته در بخش صنعت تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی برق و دیگر..... ۱۰۹.....
- نمودار(۴-۳۳) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش مسکونی..... ۱۰۹.....
- نمودار(۴-۳۴) تغییرات سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تولید نفت و فرآورده‌های نفتی با تعدیل قیمت نفت و درآمدهای نفتی در اقتصاد..... ۱۱۰.....
- نمودار(۴-۳۵) تغییرات سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تولید گاز با تعدیل قیمت گاز و درآمدهای حاصل از صادرات نفت..... ۱۱۱.....
- نمودار(۴-۳۶) تغییرات سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تولید الکتریسیته با تعدیل قیمت الکتریسیته ودرآمدهای نفتی..... ۱۱۱.....
- نمودار(۴-۳۷) تغییرات کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز در انرژی با تعدیل قیمت‌های انرژی..... ۱۱۲.....
- نمودار(۴-۳۸) تغییرات کل سرمایه‌گذاری در اقتصاد با تعدیل قیمت‌های انرژی..... ۱۱۲.....

فصل اول

کلیات پژوهش

انرژی چنان نقش تعیین‌کننده‌ای در زندگی موجودات زنده دارد که آن را "گوهر حیات" نامیده‌اند. انرژی از جمله نیازهای اصلی فرآیند توسعه‌ی کشورهاست. تا چند دهه گذشته، علم اقتصاد در بخش تولید فقط بر دو عامل تولید - کار و سرمایه - تاکید داشت (پورمعصومی و همکاران، ۱۳۸۹). با ظهور انقلاب صنعتی و تغییر فرآیند تولید، مواد اولیه نیز به جرگه‌ی عوامل تولید افزوده شد. از دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی، بعد از افزایش قیمت نفت خام و ظهور بحران در اقتصاد جهانی، مسئله انرژی و کمیابی آن مطرح شد و به شدت مورد توجه پژوهشگران، به ویژه اقتصاددانان کشورهای صنعتی، قرار گرفت (آبادا، آی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳).

با ارزیابی رفتار تقاضای انرژی به عنوان مکمل بخش برنامه‌ریزی انرژی کشور می‌توان با اعمال صحیح مدیریت تقاضا ضمن تصحیح الگوی مصرف انرژی، صرفه‌جویی هنگفتی در مصرف انرژی به‌عمل‌آورد. ارزیابی رفتار تقاضای انرژی می‌تواند برای بخش‌های مختلف مصرفی و اشکال گوناگون حامل‌های انرژی صورت پذیرد. تحلیل بازار انرژی به طور عام و تقاضای انرژی به طور خاص در شناخت نقش انرژی و کاربرد آن در مناطق کشور از اهمیت بالایی برخوردار است (لطفعلی پور، باقری، ۱۳۸۲).

بخش انرژی از طریق قیمت‌های انرژی، مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری انرژی بر کل اقتصاد اثرگذار است (گرو، تی^۲، ۲۰۱۴). مصرف انرژی به عنوان یک عامل تولید مهم، می‌تواند نقش مؤثری در رشد اقتصادی داشته باشد. ارتباط بین رشد اقتصادی و مصرف حامل‌های مختلف انرژی مانند فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق به عنوان عوامل مهم تولید، توجه بسیاری از تحلیل‌گران اقتصادی را به خود جلب کرده است (آماده و همکاران، ۱۳۸۸). تجزیه و تحلیل تقاضا برای نفت جهت شناخت دقیق‌تر عوامل موثر و میزان تاثیر آنها بر مصرف، بسیار حائز اهمیت است. دلایل

¹ Abada, I. et al; 2013

² Grau, T.; 2014

زیادی برای برآورد تقاضای نفت بیان می‌شود که از جمله می‌توان عرضه به موقع نفت و فرآورده-های آن به مصرف‌کنندگان، انجام بهتر سیاست قیمت‌گذاری، پیش‌بینی مصرف دوره‌های آتی و انجام سرمایه‌گذاری در بخش‌های مرتبط با صنعت نفت اشاره کرد. به بیان دیگر مدیران نهادهای اداره‌کننده سیستم تولید و انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی با آگاهی از تقاضا قادر خواهند بود در جهت توسعه مناسب شبکه توزیع و عرضه آن برنامه‌ریزی کنند (گرو. تی، ۲۰۱۴).

مصرف انرژی بر حسب رشد درآمد سرانه از رشد متوسطی (حدود چهار درصد در سال) برای سال‌های (۱۹۷۸ تا ۲۰۰۲) برخوردار بوده است، (یعنی چهار برابر سریعتر از میزان آن در کشورهای با درآمد بالا و پایین). در دوره زمانی (۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳) میزان مصرف نفت در ایران (۱.۵ میلیون بشکه در روز) مشابه میزان مصرف نفت در کشور اسپانیا می‌باشد، با این تفاوت که در آن دوره تولید ناخالص داخلی اسپانیا شش برابر ایران بوده است.

بهای ارزان انرژی منجر به تشویق به استفاده ناکارا و زیاد از منابع انرژی‌بر و همچنین مصرف مازاد درآمد انرژی گردیده است (حسن زاده، ۱۳۹۱). مدیریت انرژی به دلیل ارتباط داخلی که با مسائلی همچون محیط، امنیت ملی، تکنولوژی، حمل و نقل و اقتصاد دارد، به طور کلی مقوله‌ای پیچیده است و بر روی تصمیم‌های مرتبط با این بخش و سیاست‌های کلان تاثیر می‌گذارد (وو، ژ^۱، ۲۰۱۳).

۲-۱ بیان مسئله

مدل‌سازی در تصمیمات اقتصادی دارای جایگاه ویژه‌ای است و می‌تواند روابط دنیای اطرافمان را بصورت نمادین به ما نشان دهد و قدرت تصمیم‌گیری صحیح را ارتقا بخشد. اگر مدل‌سازی در رسیدن به هدفی خاص نتواند شرایط محیطی را بررسی نماید برنامه‌ریز را دچار خطا خواهد کرد و پیشنهاداتی که از این طریق داده شود به هدف مورد نظر منتهی نخواهد گردید.

¹ Wu, Zh. et al; (2013)

در کشورهای کمتر توسعه یافته و از جمله ایران به مدل سازی به عنوان ابزاری مطمئن و دقیق نگریسته نمی شود و تصمیم گیران اقتصادی به پیشنهادات برنامه ریزان توجه اساسی نمی کنند. علت این امر را می توان در اشتباهات فراوان و عدم جامعیت و پویایی مدل های ارائه شده دانست، خصوصا در مدل های اقتصادی این مشکل مشهود است. تولید نفت، گاز و الکتریسیته نقش بسیار مهمی را در اقتصاد ایران بازی می نماید.

ایران از جمله کشورهایی است که بیشترین ذخایر انباشته شده نفت خام و گاز را در جهان دارا می باشد. طبق برآوردهای انجام شده در دوره زمانی ۲۰۰۵-۲۰۱۱ میلادی، بالغ بر ۷۰ درصد از درآمدهای ارزی کشور از محل صادرات نفت خام و گاز می باشد که صرف تأمین مالی، تسریع رشد اقتصادی و واردات گردیده است. در همین دوره درآمدهای نفتی، ۶۵ درصد از درآمدهای مالی دولت (۱۶ درصد از تولید ناخالص داخلی) را تشکیل می دهد. ارزش افزوده تولید نفت، گاز و برق کشور در دوره زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۹ تقریبا ۲۵ درصد از تولید ناخالص داخلی را تشکیل داده است. تولید گاز طبیعی در این دوره در حال افزایش می باشد و در صورت انجام سرمایه گذاری، صادرات گاز قابلیت افزایش چندین برابری برای دهه آینده را دارد.

به لحاظ تئوریک مصرف انرژی و رشد اقتصادی ارتباط تنگاتنگ با هم دارند، و رشد اقتصادی باعث افزایش سرمایه گذاری در بخش های تولیدی از جمله تولید انرژی خواهد شد. در نتیجه از تعدیل بهای حامل های انرژی درآمد بیشتری حاصل خواهد شد که این امر منجر به حمایت از منابع مورد نیاز برای نگهداری و توسعه تولید انرژی، توسعه اقتصادی و رشد اشتغال خواهد گردید. منافع حاصل از تعدیل قیمت نفت منجر به افزایش مقدار نفت موجود برای صادرات و در نتیجه افزایش درآمدهای صادراتی خواهد شد. در عین حال این افزایش بهای داخلی انرژی منجر به سودآوری بخش انرژی و تأمین منابع و درآمدهای مورد نیاز برای تشویق تحقیقات و توسعه سرمایه گذاری در این بخش در جهت توسعه فعالیت های صرفه جویی کننده در مصرف انرژی خواهد شد. قیمت های بالاتر انرژی منجر به تنوع منابع انرژی در ایران خواهد گردید. قیمت های بالاتر و متنوع سازی انرژی های ترکیبی در

کشور می‌تواند به کاهش سنتی هدر رفتن مخارج سرمایه‌ای دولت و تورم منجر گردد. قیمت‌های بالاتر همچنین می‌تواند منجر به تشویق صرفه‌جویی در انرژی توسط خانوارها و مؤسسات ایرانی گردید. از این رو محیط سودآور و رقابت‌پذیری را برای این بخش فراهم آورد.

با توجه به اینکه ایران دارای منابع غنی و گسترده انرژی، مخازن بزرگ نفتی و گاز طبیعی، معادن عظیم زیرزمینی و پتانسیل بالقوه انرژی است، تعیین اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی در کشور بر میزان سرمایه‌گذاری بخش انرژی در تبیین سیاست‌های این بخش، ضروری است. اتخاذ تصمیم‌های سیاستی در تغییر و تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بدون در نظر گرفتن جنبه‌های عرضه و تقاضای انرژی، بصورت پویا و اثرات آنها در بخش‌های مختلف اقتصاد بخصوص سرمایه‌گذاری در بخش انرژی دارای نااطمینانی فراوانی است که مدل‌های ایستا نمی‌توانند به طور کامل آن را برطرف کنند. لذا در این پژوهش از رویکرد سیستم دینامیک به این منظور استفاده شده است.

۳-۱ ضرورت و توجیه انجام پژوهش

مدل‌های پویا که به صورت سیستمی و همه‌جانبه به جنبه‌های مختلف موضوع می‌پردازند می‌توانند اطمینان تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران در بخش انرژی را به خود جلب نمایند (نوفرستی و جلویی، ۱۳۹۱).

این مدل‌ها می‌توانند پیامدهای تصمیماتی از قبیل تغییر و تعدیل قیمت حامل‌های انرژی، وضع مالیات‌ها، تعرفه‌ها و یارانه‌های مختلف بر بخش انرژی را بیان نموده و اثر این تغییرات را بر مدیریت سرمایه‌گذاری بخش انرژی مورد بررسی قرار دهند. تنظیم قیمت حامل‌های انرژی به صورت پویا می‌تواند سیاست‌های مقرون‌به‌صرفه تر ارائه دهد و یک پیش‌بینی قابل اعتماد از بازار برای سیاست‌گذاران به‌وجود آورد (الیاقوب و همکاران^۱، ۲۰۱۵).

در این تحقیق از نرم‌افزار VENSIM استفاده خواهد شد که محیطی کارآمد و قابل فهم و

¹ Al Yaquob & Yamaguchi (2015)

انعطاف‌پذیر برای طراحی مدل‌های تحلیلی فراهم می‌سازد و واقعیات جامعه را با استفاده از نمودارها و جدول‌های مناسب و متنوع به مخاطب ارائه می‌کند. این نرم‌افزار این امکان را به سیاست‌گذار می‌دهد که علاوه بر روابط خطی که در مدل‌های سنجی اراده می‌گردد، روابط غیرخطی را نیز بصورت پویا بیان نماید و با تحلیل حساسیت در مدل طراحی شده، اثرات این تغییرات را در میزان سرمایه‌گذاری در بخش انرژی مشاهده و بهترین تصمیم را اخذ نماید، تحقیق حاضر این امکان را به تصمیم‌گیران انرژی کشور می‌دهد که اثرات و عواقب کوتاه و بلندمدت تصمیمات خود مبنی بر تغییرات قیمت برق و سایر حامل‌های انرژی را بر میزان سرمایه‌گذاری در این بخش مشاهده و بهترین تصمیم را برای کوتاه‌مدت و بلندمدت اتخاذ کنند.

استفاده از تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در مدل‌های اقتصادی - آری یا خیر؟

استفاده از تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در مدل‌های اقتصادی به تنهایی و یا همراه با سایر مدل‌های اقتصادی نظیر جدول داده - ستانده در موارد متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال می‌توان مدل اقتصادی - اجتماعی زیست محیطی T21¹ را نام برد که در آن یک مدل داده - ستانده به همراه مدل تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی مورداستفاده قرار گرفته است (انسیتو میلینیوم²، ۲۰۰۰).

استفاده از تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی امکان وارد کردن متغیرهایی نظیر آموزش، سطح بهداشت و فاکتورهای زیست محیطی را فراهم می‌کند و از این‌رو می‌توان از تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی به عنوان رویکرد و روشی مناسبی برای بررسی سیستم‌های اقتصادی - اجتماعی و تعاملات میان اجزای مختلف این سیستم‌ها و در نهایت اتخاذ سیاست‌ها و استراتژی‌های مناسب بهره برد. (شیلینگ³، ۲۰۰۴).

¹ - Threshold 21

² the Millennium Institute

³ John Shilling

۱-۴ هدف پژوهش

طبق آمارهای به ثبت رسیده طی ۳۰ سال گذشته احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۰ مصرف انرژی جهان معادل $Gtoe_{3/3}$ بوده است. در سال ۱۹۹۰ این رقم به $Gtoe_{8/8}$ بالغ گردید، که دارای رشد متوسط سالانه $3/3$ درصد می‌باشد و در مجموع ۱۶۶ درصد افزایش نشان می‌دهد و در حال حاضر مصرف انرژی جهان $Gtoe/Year_{10}$ بوده و پیش‌بینی می‌شود این رقم در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ۱۲ و ۱۴ $Gtoe/Year$ افزایش یابد (لوئیز^۱، ۲۰۱۳).

همچنین براساس پیش‌بینی‌های انجام‌شده تا سال ۲۱۵۰ میلادی، گاز طبیعی در سطح زمین به پایان می‌رسد و ذخایر زغال‌سنگ نیز تنها تا سال ۲۳۰۰ میلادی پاسخگوی نیاز ساکنان کره خاکی خواهد بود. پیش‌بینی می‌شود، نفت نیز - که یکی از اصلی‌ترین منابع انرژی تجدیدناپذیر در کشورهای پیشرفته و جوامع مدرن است، تا سال ۲۰۵۰ به پایان برسد که در این صورت باید به فکر منبع جایگزینی برای انرژی مورد نیاز خودروها، کشتی‌ها و هواپیماها باشیم (لوئیز، ۲۰۱۳).

این ارقام نشان می‌دهند که میزان مصرف انرژی جهان در قرن آینده بالا می‌باشد و بالطبع این سوال مهم مطرح می‌باشد که میزان سرمایه‌گذاری و مدیریت عرضه انرژی در آینده چگونه خواهد بود. هدف از انجام این تحقیق بررسی آثار تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر سرمایه‌گذاری بخش انرژی بصورت پویا است، تا با تحلیل حساسیت برخی از تعدیلات قیمت حامل‌های انرژی بتوان بهترین تصمیم و راه‌حل را پیش روی تصمیم‌گیران بخش انرژی و دولت قرار دهد. به‌طوریکه با توجه به کمبود منابع انرژی در سطح دنیا و روند رو به کاهش آنها نحوه عرضه آنها در اقتصاد کشور مورد بررسی قرار گیرد.

¹ Louis

۱-۵ سوالات و فرضیات پژوهش

این پژوهش فرضیه‌ای نداشته و با توجه به توصیف مسأله تحقیق به دنبال یافتن پاسخ سوالات زیر می‌باشد:

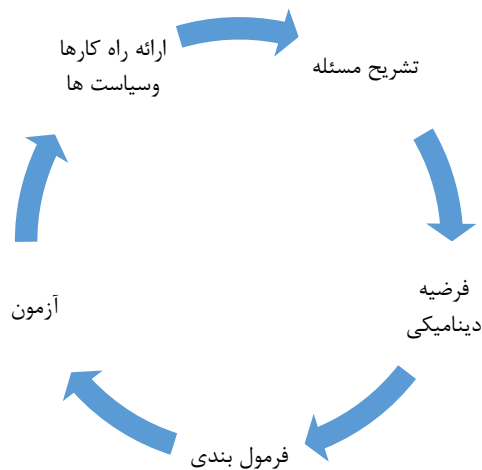
۱. سوال اصلی تحقیق: تعدیل قیمت انرژی چه تأثیری بر سرمایه‌گذاری‌های بخش انرژی خواهد گذاشت؟

۲. سوال فرعی تحقیق: چگونه می‌توان از رویکرد پویایی سیستمی برای مدیریت عرضه انرژی در بلند مدت استفاده کرد؟

۱-۶ روش و ابزار گردآوری اطلاعات

روش: روش کتابخانه‌ای برای جمع‌آوری سابقه کارهای انجام شده در این موضوع و بررسی مدل‌های سنجی و پویا در بخش انرژی در کتابخانه‌های دانشگاهی و سازمان‌های دولتی مربوط به انرژی. در قسمت بعد طراحی برنامه پویای عرضه انرژی و تعریف سناریوهای مختلف و ممکن در اقتصاد کلان و بخش انرژی و تحلیل حساسیت متغیرهای تعیین شده در مدل.

ابزار گردآوری اطلاعات: استفاده از اینترنت، برای بررسی کارهای انجام شده در نقاط مختلف دنیا - بخش‌های مختلف پژوهشی در وزارتخانه‌های مرتبط و پایان‌نامه‌های دانشگاه‌های مختلف کشور جهت بررسی مدل‌های مختلف کلان اقتصاد و کلان انرژی در اقتصاد ایران. سازمان آمار و وزارت نیرو و نفت و بانک مرکزی جهت گردآوری آمار و ارقام مورد نیاز جهت تهیه و تخمین پارامترهای مدل.



نمودار (۱-۱) مدل مفهومی پژوهش

۷-۱ قلمرو پژوهش

این تحقیق از لحاظ مکانی در حیطه کشور ایران و از لحاظ زمانی دوره ۹۱-۱۳۶۸ را پوشش می‌دهد. و متغیرهای مدل را تا سال ۱۴۰۲ مورد پیش بینی قرار می‌دهد.

۸-۱ نوآوری پژوهش

این تحقیق برای اولین بار مدیریت سرمایه گذاری (عرضه) بخش انرژی را با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک با نگاهی محوری بر تعدیلات قیمت، مورد بررسی قرار می‌دهد.

۹-۱ توصیف اصطلاحات و واژگان کلیدی

سیستم دینامیک: سیستم دینامیک از ابزارهای مدل سازی است و عموماً بر ساختار بازخوردگرایانه و رفتار هدف جویانه و نتیجه جو برای درک سیستم های پیچیده عمل می کند. پویای های سیستم روش درک انواع مشخصی از مسائل پیچیده سیستم است. این رشته در واقع از صنعت و مسائل ناشی از آن نشأت گرفته است. کار نخستین آن ابتدا با برخی مسائل مدیریتی نظیر بی ثباتی در تولید و اشتغال، رشد کم یا ناسازگاری فعالیت های سازمان ها و کاهش سهم بازار در ارتباط بوده است (اکرم، ۱۹۹۹).

مدل‌های دینامیک سیستم، در اصل توسط جی فورستر و همکارانش در MIT در دهه ۱۹۵۰ ایجاد شده است. مجموعه‌ای از مدل‌های شبیه‌سازی کامپیوتری که از آنها برای ایجاد الگوهایی که ما را قادر به درک بهتری از سیستم‌های پیچیده و رفتار دینامیکی‌شان تحت مجموعه‌ای از شرایط مختلف می‌کند (السریحیا و همکاران^۱، ۲۰۱۵).

انرژی: انرژی (از واژه یونانی *ἐνέργεια* به معنی فعالیت) یا کارمایه، در فیزیک و دیگر علوم، یک کمیت بنیادین فیزیکی است. انرژی کمیتی است که برای توصیف وضعیت یک ذره، شیئی یا سامانه به آن نسبت داده می‌شود. در فیزیک انرژی را به صورت توانایی انجام کار تعریف می‌کنند (ویکی‌پدیا فارسی^۲، ۲۰۱۶). تولید انرژی اولیه شامل انواع حامل‌های انرژی است که بدون فرآورش و تبدیل در کشور تولید می‌شوند. انرژی اولیه شامل نفت خام، گاز طبیعی غنی، زغال‌سنگ، برق آبی، انرژی‌های تجدیدپذیر، هیزم و سوخت‌های سنتی است.

حامل‌های انرژی: حامل‌های انرژی مصرفی در بخش انرژی نهایی شامل فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی سبک و غنی، مایعات و میعانات گازی، برق آبی، بادی و خورشیدی و انرژی‌های نو و زغال‌سنگ و سوخت‌های سنتی می‌باشند.

مدیریت سرمایه‌گذاری انرژی: برنامه مدیریت انرژی از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی در کشورهای مختلف به مرحله اجرا درآمده است و شامل سیاست‌گذاری‌های کلان در بخش انرژی به منظور کاهش تقاضای انرژی، سازماندهی و ایجاد تشکیلات مناسب و تصویب قوانین و مقررات لازم و اجرای برنامه‌های مدیریت مصرف می‌باشد. کارآیی اقتصادی یکی از اهداف قیمت‌گذاری انرژی است برای تحقق این هدف، قیمت‌گذاری بر اساس هزینه نهایی صورت می‌گیرد یعنی مصرف‌کنندگان باید مقدار هزینه‌ای را که بر سیستم تامین‌کننده انرژی موردنظر (مثلاً برق) تحمیل می‌شود پرداخت نمایند تا کارآیی در مصرف تولید تامین‌شده و عرضه و تقاضا هماهنگ شود. مراحل مختلفی از تحلیل اقتصادی

¹ Al-Sarihia et. all

² <https://fa.wikipedia.org/wiki>

وجود دارد که می‌تواند در تصمیم‌گیری در بهترین سرمایه‌گذاری از جایگزین‌های مدیریت انرژی قابل دسترس، مورد استفاده قرار گیرد. یک مدیریت انرژی بایستی با حداقل دو یا سه روش آشنا باشد و بتواند آنها را برای تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری و ارائه توصیه‌ها به مدیریت بالاتر مورد اجرا قرار دهد. فرایند سرمایه‌گذاری انرژی معطوف به کنترل تجهیزات مولد انرژی، ساختمان و ماشین‌الات انتقال و عرضه، و به حداقل رساندن مصرف بی‌مورد و توجه به ذخیره انرژی که هزینه در بردارد، می‌شود. اقدامات سرمایه‌گذاری فرصت‌های سرمایه‌گذاری را بر حسب هزینه، سرمایه لازم، پیش‌بینی درصد بازگشت آن، و استفاده از منابع موجود، اولویت‌بندی می‌نماید (آموزش مدیریت انرژی، ۱۳۹۴).

فصل دوم

مرور ادبیات و پیشینه پژوهش

۲-۱ مقدمه

در این فصل مروری بر ادبیات موضوع خواهیم داشت، پژوهش‌های انجام شده در حیطه موضوعات مربوط به مدیریت سرمایه‌گذاری، اهمیت حامل‌های انرژی، و سپس به اختصار به مقایسه دو روش مدل‌سازی اقتصادسنجی و تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی می‌پردازیم. از آنجا که دو روش اقتصادسنجی و تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی از نوع روش‌های شبیه‌سازی می‌باشند، سعی خواهیم کرد تفاوت‌های این دو روش را بیشتر مد نظر قرار دهیم.

رشد و حتی بقای اکثر فعالیت‌های اقتصادی کشورها به مسئله تامین انرژی وابسته است. با پیش‌بینی هرچه دقیق‌تر مصرف انرژی و برنامه‌ریزی صحیح در هدایت مصرف، می‌توان پارامترهای عرضه و تقاضای انرژی را به نحو مطلوب کنترل کرد. تحلیل عوامل موثر بر شدت افزایش مصرف و چشم‌اندازی از پیش‌بینی مصارف انرژی، این امکان را برای مدیران فراهم می‌سازد تا تدابیر لازم را در جهت کنترل متغیرهای عرضه و تقاضای انرژی اتخاذ کنند (تاناکا وهمکاران، ۱۹۸۲).

پیش‌بینی‌ها به نحوی سازنده امکان آگاهی از وضعیت آینده پیش‌روی سازمان‌های وابسته به انرژی را به مدیران بخش‌های مختلف در زمینه سرمایه‌گذاری‌های مختلف مورد نیاز قرار می‌دهد. تاکنون از مدل‌های مختلف ریاضی برای پیش‌بینی تقاضای انرژی استفاده شده است. اما مدل‌های سیستم‌دینامیک بطور پویا مدل را با دنیای پویایی که در آن قرار گرفته‌ایم ارتباط داده و با شبیه‌سازی و پیش‌بینی آنچه که نسبت به آن دید واضحی وجود ندارد، به تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران کمک می‌کند. رشد اقتصادی، هدف اصلی بسیاری از سیاست‌گذاران اقتصادی در دولت‌هاست (نیلوفر محمودی و ناصر شاهنوشی، ۱۳۹۰).

سیاست‌گذاران اقتصادی در هر جامعه‌ای دو گروه وسیع از سیاست‌ها را در اختیار دارند که با اعمال این سیاست‌ها قادرند اقتصاد را تحت‌تأثیر قرار دهند. نخستین گروه، سیاست‌های پولی هستند که بانک مرکزی عهده‌دار آن است و دومین گروه از این سیاست‌ها، سیاست‌های مالی هستند که در حیطه وظایف دولت و مجلس قرار دارند. ابزارهای عمده‌ای که دولت‌ها برای اعمال این سیاست‌ها در

اختیار دارند همان متغیرهای بودجه دولت می باشند که با تغییر مناسب این اهرم‌های سیاستی دولت می‌تواند اقتصاد را در توازن نگه دارد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱).

انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید و همچنین یکی از ضروری‌ترین محصولات نهایی، جایگاه ویژه‌ای در رشد و توسعه‌ی اقتصادی کشورها داراست به طوری‌که در کنار سایر عوامل تولید نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات اقتصادی کشورها ایفا می‌کند. در ادبیات تجربی متغیرهای کنترلی متفاوتی برای بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی استفاده شده است. رشد جمعیت، شهرنشینی، صنعتی شدن، توسعه‌ی مالی و... از عوامل مهمی هستند که در مطالعات مربوط به عوامل موثر بر تقاضای انرژی به کار گرفته شده اند. مطالعات نشان می‌دهد که رشد اقتصادی و رشد جمعیت و به دنبال آن رشد جمعیت شهرنشین از عوامل کلیدی در افزایش تقاضای انرژی هستند (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۲). توسعه اقتصادی نیز می‌تواند دو اثر متضاد داشته باشد، اول اینکه می‌تواند با تاثیر بر رشد اقتصادی منجر به افزایش مصرف انرژی شود و از سوی دیگر با بهبود کارایی در مصرف انرژی سبب کاهش تقاضای انرژی شود (شهباز و آلام، ۲۰۱۱).

از جمله متغیرهای مهم اقتصادی که امروزه تاثیر به سزایی در جریان رشد اقتصادی کشورها دارند، مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری است. در خصوص اهمیت اقتصادی مصرف انرژی باید گفت که برخی از اقتصاددانان نظیر کلیوند از آن به عنوان عامل تولید یاد کرده و حتی آن را مقدم بر سایر عوامل تولید می‌دانند (کلیوند، ۱۹۸۴). صرف نظر از اهمیت اقتصادی انرژی، مصرف انرژی به عنوان یکی از شاخصه‌های مهم در تولید، چنانچه از نظر زیست‌محیطی از کارایی لازم برخوردار نباشد، دستیابی به توسعه پایدار را دچار مشکل می‌نماید، از سوی دیگر بهبود عامل سرمایه به عنوان محرک رشد اقتصاد، منجر به افزایش حجم فعالیت‌های اقتصادی و نهایتاً رشد اقتصادی می‌گردد (پاپ و نیوول، ۲۰۰۹).

در این تحقیق از مدل سیستم‌های دینامیک برای پیش‌بینی تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف مربوط به مصرف انرژی استفاده شده است. پس از آشنایی مختصر با روش پویایی سیستمی یا سیستم‌های دینامیکی، در بخش ۳، به طراحی مدل مناسب برای پیش‌بینی تقاضای انرژی در بخش -

های مختلف مصرف پرداخته شده است. در بخش ۴ تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف مصرف برآورد شده و تحلیل حساسیت مدل انجام می‌گیرد. سناریوهای مختلف در شرایط افزایش و کاهش و تعدیل قیمت حامل‌های انرژی تعریف می‌گردد. در بخش ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادهای ارائه شده است.

۲-۲ پویایی‌شناسی سیستمی

تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در اواسط دهه ۱۹۵۰ توسط فارستر^۱، ارائه شد. فارستر تحصیلات دانشگاهی خود را در زمینه مهندسی برق، در سال ۱۹۳۹ در دانشگاه فوق‌الغز کرد. اولین کار تحقیقی وی زیر نظر دکتر گوردن براون^۲، در آزمایشگاه مکانیسم فرمان^۳ بود.

در سال ۱۹۴۷، آزمایشگاه کامپیوتری دیجیتال، تحت نظارت فارستر تأسیس و شروع به کار کرد. تجربیات فارستر به عنوان مدیر پروژه‌های آزمایشگاه کامپیوتری دیجیتال، منجر شد تا فارستر به این جمع‌بندی از مشکلات یک سازمان برسد که مشکلاتی که سر راه پیشرفت سازمان‌ها به وجود می‌آید، عمدتاً ناشی از بخش مدیریتی سازمان است نه بخش مهندسی سازمان. به نظر فارستر، شناخت و کنترل سیستم‌های اجتماعی بسیار مشکل‌تر از درک و کنترل سیستم‌های فیزیکی است. بنابراین مشکلات یک سازمان، بیشتر ناشی از بخش مدیریتی آن سازمان می‌باشد.

در سال ۱۹۵۶، فارستر، تدریس در دانشکده تازه تأسیس مدیریت دانشگاه MIT را بر عهده گرفت. هدف اولیه‌ی وی این بود تا از تجربیات مهندسی و تحقیقاتی خود برای کشف دلایل موفقیت و یا شکست یک سازمان استفاده کند. تجربیات مهندسی و مدیریتی فارستر منجر به ارائه تکنیک تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در اواسط دهه ۱۹۵۰ شد. فارستر با استفاده از ساختار بازخورد و مدل کردن دستی ساختار تصمیم‌گیری یک کارخانه برق نشان داد که مشکلات اصلی این سازمان به دلیل عدم ثبات تدابیر مدیریتی سازمان در اشتغال است و مسائل تجاری خارج از سازمان منجر به عدم پیشرفت سازمان نشده‌اند. این مدل‌سازی دستی، از اولین کارهای انجام شده در زمینه پویایی‌شناسی سیستمی

¹ - Jay W. Forrester, MIT professor

² - Gordon Brown

³ - Servomechanism

بود. در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰، فارستر به همراه یک گروه تحقیقاتی دانشجویی، مدل‌سازی دستی پویایی‌شناسی سیستمی را به مرحله مدل‌سازی کامپیوتری ارتقا داد. ریچارد بنت^۱ اولین زبان کامپیوتری مدل‌سازی تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی را تحت عنوان SIMPLE^۲، در بهار ۱۹۵۸ ارائه کرد. در سال ۱۹۵۹، فیلیپس فوکس و الکساندر پوق^۳، نسخه اصلاح شده SIMPLE را تحت عنوان DYNAMO^۴ ارائه کردند. این نرم‌افزار نزدیک به سی سال به عنوان زبان استاندارد تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی مورد استفاده قرار گرفت. فارستر اولین کتاب کلاسیک خود را در زمینه تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی با عنوان پویایی صنعتی^۵ در سال ۱۹۵۱ منتشر کرد (استرمن^۶، ۲۰۰۰).

۲-۳ مدیریت انرژی

کشورهای توسعه‌یافته عمدتاً سیاست‌های مدیریت انرژی را با بهره‌گیری از امکانات وسیع مالی و تکنولوژیکی خود همسو و طی دو دهه‌ی گذشته تلاش کرده‌اند، با صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهبود شدت انرژی میزان وابستگی خود را به انرژی‌های وارداتی کاهش دهند و بیشتر به منابع انرژی داخلی خود متکی باشند. در این راستا کشورهای فوق‌فعالیت‌های گسترده و همه‌جانبه‌ای نیز در هر دو بخش مدیریت عرضه و تقاضای انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی به مرحله‌ی عمل درآورده‌اند. هر یک به نوبت خود سهم بسزایی در کاهش مصرف انرژی و افزایش کارایی مصرف را به دنبال داشته است. البته در این زمینه اقدام‌های زیر نیز با جدیت دنبال شده است:

اعطای کمک مالی به صنایع صرفه‌جو (کاهش مالیات - وام کم بهره) ایجاد مقررات خاص ترافیکی نظیر کنترل سرعت در بزرگراه‌ها، کوتاه کردن زمان توقف در چهارراه‌ها اجباری کردن استانداردهای

¹ - Richard Bennett

² - Simulation of Industrial Management Orblems with lots of Equations:

شبیه‌سازی مسایل مدیریت صنعتی توسط معادلات بسیار

³ - Phillis fox & Alexander Pugh

⁴ - DYNAmic MOdels: DYNAMO

⁵ - Industrial Dynamics

⁶ John sterman

محدودکننده آلاینده‌ها در صنایع مختلف، تعیین استانداردهای صرفه‌جویی در صنایع مختلف، آگاه-سازی مردم برای تشویق و ترغیب به صرفه‌جویی، (R&D) برنامه تحقیق و توسعه تغییر در ترکیب سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها، مدیران انرژی روی هم‌رفته تجربه این کشورها حاکی از آن است که سیاست‌های نظیر وضع مالیات و دیگر اقدام‌های اقتصادی (افزایش قیمت‌ها، پرداخت سوبسید و...) اگرچه مؤثر هستند، اما در راستای دستیابی به هدف‌های تعیین‌شده کافی نیستند و در مقابل اقدام‌ها و سیاست‌های کنترل علی‌رغم اینکه مستقیماً سبب رسیدن به هدف‌های از پیش تعیین‌شده می‌شوند، به ندرت از نظر هزینه‌های انجام‌شده مقرون‌به‌صرفه می‌باشند. وجود چنین وضعیتی به کارگیری همزمان سیاست‌های کنترلی و اقدام‌های اقتصادی را به منظور تأمین خواسته‌ها و هدف‌های مورد نظر سیاست‌گذاران از هر دو نظر، ایجاب می‌نماید.

۲-۴ سرمایه‌گذاری مالی پروژه‌های مدیریت انرژی

در این فصل به موضوعات اقتصادی پرداخته شده و دیدگاه‌های مالی پروژه‌های مدیریت انرژی مورد ملاحظه قرار نگرفته‌اند. ممکن است در دولت و سازمان‌های شهری، سرمایه‌گذاری پولی با نرخ‌های بهره پایین برای سرمایه‌گذاری مالی پروژه‌ها در دسترس باشند. در بخش تجاری و صنعتی عموماً این امر مسئله‌ای نیست.

مخارج سرمایه‌گذاری در اقتصاد کلان تحت تأثیر عوامل زیادی همچون درآمد ملی، نرخ بهره، انتظارات، امنیت سیاسی و اقتصادی و ... قرار دارد. نظریه‌های سرمایه‌گذاری در تلاش هستند تا رابطه مخارج سرمایه‌گذاری را با عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری تبیین نمایند. دو نظریه مهم سرمایه‌گذاری نظریه اصل شتاب که مربوط به کلاسیک‌ها است و نظریه کارایی نهایی سرمایه‌گذاری که مربوط به کینز است، می‌باشد. تفاوت سرمایه و سرمایه‌گذاری عبارت است از اینکه سرمایه‌گذاری تغییر در حجم سرمایه موجود در یک جامعه در طی یک دوره است. به عبارت دیگر سرمایه‌گذاری مشتق سرمایه است نسبت به زمان و سرمایه انتگرال سرمایه‌گذاری است. سرمایه‌گذاری در حقیقت تشکیل سرمایه می‌باشد. سرمایه آن بخش از کالاها است که تولیدکننده کالاها و خدمات دیگر هستند مثل اهر در

یک نجاری. همانطور که گفته شد، تقسیم‌بندی سرمایه‌گذاری یا سرمایه در اقتصاد کلان عبارت از افزایش ظرفیت تولیدی جامعه است که به سه شکل می‌باشد:

سرمایه‌گذاری در ماشین‌آلات و تجهیزات؛ سرمایه‌گذاری در ساختمان؛ سرمایه‌گذاری در موجودی انبار. (البته باید توجه داشت که مفهوم سرمایه‌گذاری و سرمایه در اقتصاد کلان با اقتصاد خرد متفاوت است، به عنوان مثال اگر شما قطعه زمینی را خریداری کنید، از نظر فردی سرمایه‌گذاری کرده‌اید و به سرمایه یا ثروت شما اضافه شده است، ولی در اقتصاد کلان کشور سرمایه‌گذاری صورت نگرفته است، زیرا به ظرفیت و توان تولیدی جامعه اضافه نشده است. وقتی شما پول در بانک سپرده می‌گذارید - کنید پس‌انداز و یا ثروت شما افزایش یافته است ولی سرمایه‌گذاری و سرمایه در جامعه تغییر نکرده است. در اقتصاد کلان منظور از سرمایه‌گذاری، فقط خرید دارایی‌های فیزیکی جدید است و خرید دارایی‌های فیزیکی موجود و یا خرید دارایی‌های مالی (سهام و اوراق قرضه) سرمایه‌گذاری محسوب نمی‌شود) (شبستری، ۹۲).

پروژه‌های مدیریت انرژی در تجارت بایستی با سایر پروژه‌ها رقابت نمایند. از قبیل توسعه واحد تولیدی یا مدرن‌سازی تسهیلات تولید برای سرمایه‌های کمیاب بعضی مواقع قابل دسترس بودن سرمایه است "نه بازگشت سرمایه قابل انتظار" که یک عامل تعیین‌کننده می‌باشد. پس اگر شرکت با کمبود سرمایه مواجه باشد ممکن است در سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌های مدیریت انرژی اقدامی ننماید بدون توجه به آنکه بازگشت سرمایه چه مقدار باشد. تجربه‌های عمومی در صنعت نشان می‌دهد که بازپرداخت - های حداکثر یک یا دو ساله مورد توجه قرار می‌گیرند. پروژه‌هایی که دارای بازپرداخت طولانی‌تر باشند به نفع سایر سرمایه‌گذاری‌ها به تعویق خواهد افتاد. دسترسی به سرمایه از یک تجارت به تجارت دیگر و از یک کشور به کشور دیگر متفاوت خواهد بود. در طول سال‌های دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بیشتر تجارت‌ها در ایالات متحده و اروپا می‌توانستند سرمایه خود را از طریق بانک‌ها یا سرمایه‌گذاران با نرخ - های بهره در محدوده ۵ تا ۱۰ درصد در سال بدست آورند (برنامه‌ریزی سالانه مصرف انرژی، ۱۳۹۳).

در اوایل دهه ۱۹۸۰ شرایط اقتصادی جهان، نرخ بهره را تا ۱۰ الی ۲۰ درصد افزایش داد. در

کشورهای در حال توسعه، به دست آوردن سرمایه بسیار مشکل تر است و نرخ‌های بهره از ۲۰ الی ۱۰۰ درصد در سال رو به افزایش هستند. بعضی مواقع، سرمایه‌گذاری‌های مالی بخصوص برای پروژه‌های خاصی در دسترس می‌باشند. در ایالات متحده، ژاپن و اروپا، یارانه‌های دولتی و وام‌هایی با بهره پایین موجب تشویق پروژه‌های انرژی خورشیدی، عایق‌بندی بهبود یافته، لوازم و تجهیزات کارآتر می‌شوند. یارانه‌های غیرمستقیم دیگر شامل اعتبارات مالیاتی سرمایه‌گذاری (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه لوازم و تجهیزات ارسالی که نصب شده‌اند)، استهلاک افزایشی، معافیت‌ها یا تخفیف‌های مالیاتی مستغلات، یا اشتراک هزینه می‌گردند. در کشورهای در حال توسعه بسیاری از دولت‌ها به عنوان مثال: برزیل سرمایه‌گذاری‌ها را در جهت‌دادن یارانه برای کاهش میزان وابستگی به سوخت‌های گران‌وارداتی مصرف می‌کنند (آموزش مدیریت انرژی، ۱۳۹۴).

سرمایه‌گذاری و نیاز مالی صنعت برق در توسعه نیروگاه‌ها و شبکه‌های برق بسیار زیاد و حالت تصاعدی دارد و از این رو نمی‌توان به روش‌های سنتی و منابع داخلی اتکا کرد. توسعه صنعت برق در گرو روشی است که از راه ایجاد و زایش منابع مالی از درون خود و با تکیه بر درآمدهایی که به آن وابسته است بار سنگین توسعه را بر دوش کشد. با ایجاد فضای باز رقابت سالم و خصوصی‌سازی می‌توان هزینه‌های توسعه صنعت برق از جمله توسعه نیروگاه‌های بادی را به حداقل ممکن کاهش داد و با واگذاری تصدی این گونه امور به بخش خصوصی به روش‌هایی که در سطح جهان متداول است می‌توان مشکلات توسعه اقتصادی را کاهش داد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

خصوصی‌سازی یعنی کنار رفتن دولت از بسیاری قلمروهای صنعتی، تولیدی، خدماتی و پرکردن این جای خالی توسط بخش خصوصی است. بعبارت دیگر در خصوصی‌سازی، دولت از کارهای اجرایی جدا شده و بیشتر به سیاست‌گذاری می‌پردازد و برای ابقاء مؤسسات زیان‌ده به هزینه بیشتری نیاز خواهد داشت. خصوصی‌سازی بخش‌های مهم اقتصادی و زیربنایی، از جمله سیاست‌هایی است که امروزه در بیشتر کشورهای جهان در حال انجام است و تجربه‌های مختلفی در این زمینه وجود دارد. میزان و طبیعت مشارکت بخش خصوصی بستگی به اهمیت استراتژیکی پروژه‌های زیربنایی برای دولت (یا

کارفرمایان) و جذابیت آن برای بخش خصوصی دارد. درجه مشارکت بخش خصوصی در تامین خدمات زیربنایی قابل تغییر است. در جدول انواع روش‌های مشارکت بخش خصوصی و تقسیم مسئولیت‌ها برحسب استراتژی مشارکت آنها از بالا به پایین نشان داده شده است. پروژه‌های زیربنایی در هر کشوری زیرساخت‌های توسعه و پیشرفت اقتصادی آن کشور را تشکیل می‌دهند. در کشورهای در حال توسعه پروژه‌های زیربنایی عمدتاً بعلت سرمایه بری زیاد، امکان اجرای به موقع را پیدا نکرده و در زمان کسری بودجه و بحران بدهی جزو اولین اقلامی هستند که در مقابل هزینه‌های جاری بخش عمومی حذف می‌شوند. بنابراین منابع داخلی این کشورها در اکثر موارد هزینه‌های ساخت تسهیلات زیربنایی را تأمین نمی‌کند. لذا در چند دهه اخیر توجه کشورها به سمت سرمایه‌های خارجی به منظور تأمین مالی پروژه‌های زیربنایی افزایش یافته است علاوه بر مسئله تأمین مالی پروژه‌های زیربنایی، مزایای انتقال تکنولوژی و همچنین آموزش تجارب مدیریتی و بازاریابی محصولات و خدمات پروژه‌ها که ناشی از سرمایه‌گذاری خارجی حاصل می‌شود ضرورت جلب سرمایه‌های خارجی را دوچندان می‌کند. پروژه‌های زیربنایی در صنعت برق دو ویژگی مهم دارند یکی زمان‌بری و دیگری سرمایه‌بری زیاد است. یعنی احتیاج به مدت طولانی برای به ثمر رسیدن سرمایه داشته و انجام یک فعالیت هر چند کوچک احتیاج به سرمایه‌گذاری زیادی دارد. به همین دلیل دارای ریسک بالایی برای سرمایه‌گذار می‌باشد. در طی دهه گذشته در کشورهای در حال توسعه، مشارکت بخش خصوصی در صنعت برق به شدت افزایش یافته و این صنعت یکی از بخش‌های زیرساختاری در جذب سرمایه‌گذاری خصوصی بویژه به لحاظ نرخ بازگشت بالا، قلمداد شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

بطور خلاصه: مدیر انرژی بایستی از تأثیرات پروژه‌هایی که سرمایه‌گذاری مالی در آنها پیشنهاد شده‌اند قبل از آنکه آنها را به مدیریت رده‌بالا ارائه نماید، آگاه باشد (آموزش مدیریت انرژی، ۱۳۹۴). منافع سرمایه‌گذاری در صنایع مربوط به انرژی از طریق مکانیزم‌های مختلفی به سایر فعالیت‌های اقتصادی منتقل می‌شود. این مکانیزم در فضای رقابتی به طور عمده از طریق "مکانیزم قیمت" و در شرایط قیمت ثابت، از طریق "مکانیزم هزینه سرمایه" منتقل می‌شود. سیاست‌گذاری و اتخاذ تصمیم

درخصوص میزان سرمایه‌گذاری در این صنعت از یک سو بر اساس نیاز اقتصاد و از سوی دیگر بر اساس منافع سرمایه‌گذاری در صنایع مربوط به انرژی می‌باشد. سرمایه‌گذاری در صنعت انرژی به دلیل رشد تقاضا، امری اجتناب‌ناپذیر است (داوود منظور و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۵ اهمیت حامل‌های انرژی

امروزه مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته در سطح دنیا نشان داده است که روند شتابان توسعه‌ی اقتصادی و صنعتی در کشورهای جهان، تا حدود زیادی به سطح مصرف حامل‌های انرژی ارتباط می‌یابد، و انرژی بیش‌ترین سهم را در فعالیت‌ها و تجارت جهانی به خود اختصاص داده است. ایران در دهه‌های گذشته از سویی متأثر از پدیده شهرنشینی شتابان بوده و از سوی دیگر به دلیل برخورداری از منابع انرژی فراوان، رشد فزاینده‌ای را در مصرف انرژی (به ویژه سوخت‌های فسیلی) تجربه کرده است. مطالعه‌ی چگونگی رابطه‌ی بین مصرف انرژی، تغییر قیمت حامل‌های انرژی، و تاثیر آنها بر نحوه مدیریت سرمایه‌گذاری در بخش انرژی مسئله بااهمیتی است که انجام پژوهش‌هایی در جنبه‌های گوناگون آن را توجیه می‌کند (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۲).

دلیل مهم کشورها برای اجرای اصلاحات در برنامه‌ی یارانه‌ها، پرهزینه بودن یارانه‌های عمومی به جهت فراگیر بودن آن است. با توجه به افزایش قیمت کالاها و خدمات در بازارهای جهانی بار مالی دولت افزایش قابل‌توجهی داشته است (وزارت رفاه و تأمین اجتماعی، ۱۳۸۷).

یکی از کالاهایی که جزء کالاهای اساسی خانوارها می‌باشد و بخش اصلی هزینه‌های یارانه‌ای را شامل می‌شود، حامل‌های انرژی می‌باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به رشد تقاضای برق و سایر حامل‌های انرژی، مجموع سرمایه‌گذاری موردنیاز برای زیرساخت‌های تأمین انرژی در جهان طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۳۰، بالغ بر ۱۶ تریلیون دلار، یا به عبارتی ۵۵۰ میلیارد دلار در سال برآورد شده است. این سرمایه‌گذاری برای جایگزینی تأسیسات موجود و آینده که طی این مدت از رده خارج یا فرسوده می‌شوند و همچنین برای توسعه‌ی ظرفیت تأمین انرژی با رشد تقاضای سالانه ۱.۷ درصدی آن، ضروری به نظر می‌رسد. نرخ متوسط سالانه‌ی سرمایه-

گذاری از ۴۵۰ میلیارد دلار در این دهه، به ۶۳۰ میلیارد دلار در سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد. این رقم در سال ۲۰۰۰، ۴۱۰ میلیارد دلار بوده است (اژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۰).

۲-۶ آشنایی با تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی

از پویایی‌شناسی سیستمی برای شناخت، درک و تجزیه و تحلیل رفتار و حرکات اجزای سیستم استفاده می‌شود. توانایی این علم به حدی است که می‌توان با بهره‌گیری از آن، مسائل مختلف ساده و پیچیده را مدل‌سازی کرد و تغییر ناشی از تعامل متغیرها، رفتارهای آتی آنها را در دوره‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار داد. با شناخت مراحل نظری تدوین مدل در پویایی‌شناسی سیستمی و آشنایی با انواع مدل‌ها، باید مدل‌سازی را در سه مرحله به شرح زیر انجام داد:

الف) نمودار علی - معلولی یا حالت - جریان، ب) نمودارهای جریان، ج) معادلات داینامو (ریاضی)
(ترابی، ۱۳۸۷).

۲-۶-۱ مراحل مختلف نظری تدوین مدل و فرایند مدل‌سازی پویایی‌شناسی سیستمی

برای تحلیل هر پدیده‌ای باید مدلی از واقعیت ساخته شود و مدل فوق مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. جهت درک بهتر مفهوم نگرش سیستمی لازم است مفهوم سیستم تشریح گردد. در مطالعه پویایی‌شناسی سیستمی باید مراحل تعریف مسأله، مفهوم‌سازی مدل، فرمول‌بندی مدل، شبیه‌سازی، ارزیابی برای تدوین مدل‌ها، تحلیل سیاست‌ها و استفاده از مدل را مورد توجه قرار داد.

مرحله شناسایی مسأله و مفهوم‌سازی مدل مراحل نسبتاً کم تخصصی‌تر محسوب می‌شوند. مدل‌ساز در این مراحل برای مسأله مورد نظر خود گزاره‌های مفهومی و نمادینی ارائه می‌دهد و ضمن تنظیم نمادهای رفتاری و تدوین هدف‌های مطالعه مدل‌سازی، مرز سیستم را مشخص و ساختار آن را بر حسب حلقه‌های بازخورد عملیاتی و اطلاعات تدوین می‌کند.

در جدول (۲-۱)، مراحل فوق بر شمرده و نحوه ارتباط متقابل آنها مشخص شده است. شناسایی مسأله منوط به داشتن آگاهی از مسأله و اجزای آن و ارائه تعریف روشنی از آن است. این مرحله، در واقع تشریح کلامی محتوا و نمادهای مسأله است.

جدول (۱-۲) مراحل نظری مدل سازی (ترابی، ۱۳۸۷)

ردیف	مراحل	وظایف و ارتباطات
۱	تعریف مسأله	محتوای مسأله و نمادها رفتار متغیرها و پدیده‌های مسأله هدف‌های مدل
۲	مفهوم سازی مدل	هدف‌های مدل مرز سیستم و مدل ساختار بازخوردها
۳	فرمول‌بندی مدل	ساختار بازخوردها تدوین معادلات ریاضی تبیین رفتار مدل
۴	شبیه‌سازی	تبیین رفتار مدل
۵	ارزیابی	تبیین رفتار مدل حالات و رفتارهای مدل
۶	تحلیل سیاست‌ها	تعیین خط مشی‌ها و راهبري‌ها تطبيق سیاست‌ها با واقعیت سیستم
۷	اجرای مدل	تدوین الگوهای تصمیم‌گیری

مفهوم‌سازی مدل در واقع تجرید معانی پدیده‌های جهان واقعیات برای مدل است که در چارچوب متغیرها و ساختارها تحقق می‌یابد و مسیری را از سطح کلی تا به سطح جزئی می‌پیماید. در تدوین هدف‌های مدل توجه به نکته زیر حایز اهمیت است.

گزاره‌های ساختاری بازخوردی در مدل بر اساس فرضیه‌های پویا شکل می‌گیرند و برای استفاده در ایجاد رفتار مسأله یا حداقل کمک به آن به کار می‌روند.

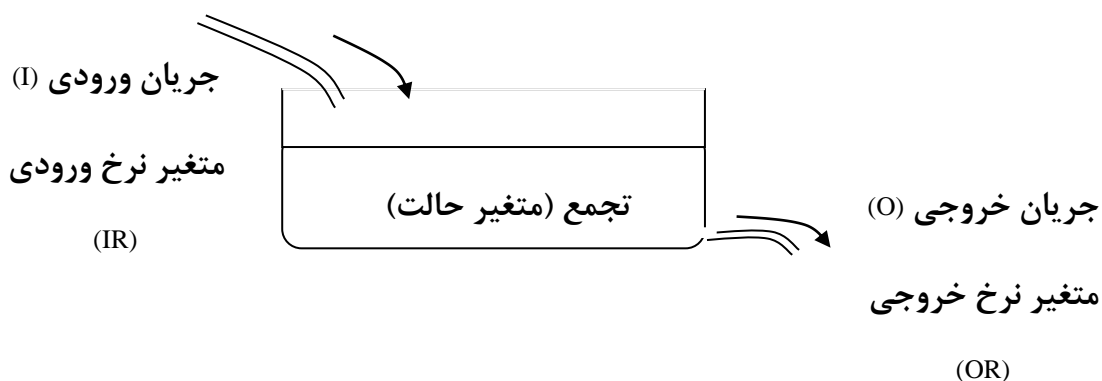
این فرضیه‌های پویا در مرحله مفهوم‌سازی مدل، تدوین می‌شوند هر چند اگرچه وضعیت سازگاری در ساختارهای بازخوردی فقط پس از چندین تکرار در مراحل مفهوم‌سازی، فرمول‌بندی، شبیه‌سازی و ارزیابی امکان پذیر می‌گردد.

تعیین خط‌مشی‌ها، رویه‌ها و راهبري‌ها، برنامه‌ها و سیاست‌های اتخاذ شده در چارچوب تحلیل سیاست‌ها به عنوان اجزای مختلف گام ششم، به حساب می‌آیند.

در واقع، در گام ششم، هدف‌ها، رفتارها، بازخوردها در بررسی موفقیت و عدم موفقیت مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. گام پایانی، مرحله بهره‌برداری از مدل است. در این مرحله، الگوهای تصمیم‌گیری مربوط به واقعیت شکل می‌گیرد که مدل در جهت معرفی آن تدوین شده است.

رفتار پویا از فرایند تجمع و ازدحام نشأت می‌گیرد. تجمع و ازدحام می‌تواند متغیرهایی پدید آورد که موجب افزایش یا کاهش تجمع و ازدحام (متغیر حالت) شود. اساساً به جریان‌های ورودی و خروجی مواد از متغیر حالت، متغیرهای نرخ اطلاق می‌شود.

نمودار (۱-۲) با درک صحیح از تجمع و ازدحام و تأثیر آن بر شکل زمانی نرخ جریان، به سادگی می‌تواند از رفتار حلقه‌های بازخوردی ناشی از تغییر تجمع‌ها و جریان‌ها درک مناسبی حاصل کند.



نمودار (۱-۲) متغیر حالت و متغیرهای نرخ (ترابی، ۱۳۸۷)

۲-۶-۲ نمودار علی - معلولی مدل‌های ساده تک حلقوی و مدل‌های چند حلقوی

پویایی‌شناسی سیستمی بر اساس رفتار حلقه‌های بازخوردی تبیین می‌شود. ساختار تحلیل‌های مبتنی بر نمودارهای علی - معلولی (حلقوی)، جریان و معادلات ریاضی است. نمودارهای علی - معلولی در واقع یکی از شیوه‌های تشریح متغیرها، تنوع، روابط، جهت و تأثیر آنها برای مدل به حساب می‌آیند.

در جدول (۲-۲) خصوصیات آنها به طور کامل ارائه شده است (ترابی، ۱۳۸۷).

جدول (۲-۲) ویژگی‌های نمودارهای علی - معلولی و حالت - جریان (ترابی، ۱۳۸۷)

نوع مدل	ویژگیها
نمودارهای علی - معلولی (نقاط قوت)	<p>شناسایی متغیرها و ارتباط آن براساس جفت‌های انفرادی، جهت تأثیر، و نوع تأثیر آنان بر یکدیگر تعیین رابطه مثبت میان متغیرها بر اساس تغییر هم جهت دو متغیر (افزایش یکی موجب افزایش دیگری می‌شود) تعیین رابطه منفی میان متغیرها بر اساس تغییر عکس جهت دو متغیر (افزایش یکی موجب کاهش دیگری می‌شود) شناسایی حلقه‌های بازخوردی بدون تمییز ماهیت متغیر از نظر نوع معادله ریاضی آنها شناسایی فرض‌های علی و کاربرد آنها در طول ساخت مدل به عنوان طرح‌های اولیه و برقراری ارتباط میان آنها ساخت ابزار ساده هم برای تشریح شفاهی، کتبی و تفسیر مدل به طور مستقل و هم برای کاربرد آن در ساخت نمودارهای حالت - جریان و معادلات ریاضی (داینامو) قابلیت کاربرد مستقل بدون در اختیار داشتن اطلاعات سایر مراحل مدل‌سازی مفهوم سازی سیستم‌های پدیده‌های جهان واقعیات براساس حلقه‌های بازخوردی تشکیل حلقه‌های بازخوردی براساس روابط مثبت و منفی متغیرها با یکدیگر تعیین نوع قطب حلقه یا تمایلات قطبی با فرض ثابت بودن سایر عوامل و تعقیب نتایج در حلقه تبیین تقویت تغییر بر اساس حلقه بازخورد مثبت و تبیین عکس تغییر بر اساس حلقه بازخورد منفی شناسایی و سازماندهی مؤلفه‌های اصلی و حلقه‌های بازخوردی سیستم تحت مطالعه در مراحل نخستین مدل‌سازی</p>
نقاط ضعف	<p>نداشتن دقت برای تشریح مؤلفه‌های سطح، نرخ، و کمکی ناتوانی در نشان دادن مرتبه (توان) سیستم ایجاد مانع در شفافیت اطلاعات برای درک رفتار ساختار حلقه‌های بازخوردی ناتوانی در حذف تأخیرات و فرایندهای متوسط‌گیری انواع نوسانات و هموارسازی و آزمون مؤلفه‌ها نداشتن قابلیت جایگزینی با نمودارهای جریان و ریاضی (داینامو)</p>
نمودارهای حالت - جریان (نقاط قوت)	<p>شناسایی متغیرهای مدل (سیستم) در چارچوب متغیرهای حالت (سطح)، نرخ کمکی درونزا و برونزا و... اثربخشی در شناخت فرض‌های ساختار مدل و ارائه اطلاعات برای ساختار و رفتار سیستم جهت مدل‌سازی ریاضی از بین بردن خطاهای مفهومی که امکان آن در نمودارهای علی - معلولی وجود ندارد شناسایی حلقه‌های بسته، در نظر گرفتن متغیرهای حالت و از بین بردن خطاها تامین اطلاعات کافی درباره ساخت و رفتار سیستم نسبت به نمودارهای علی - معلولی برخورداری از توان ارائه تنوع متغیرها با نمادها و دستورالعمل‌ها، آزمون‌ها و مرتبه سیستم با استفاده از متغیرهای حالت اثر بخشی در شناسایی مرتبه (توان) سیستم برای بیش بینی رفتارهای لازم برخورداری از قابلیت بالا در به نمایش در آوردن مراتب (توان‌های) سیستم توانایی ارائه تأخیرات، فرایندهای متوسط‌گیری، انواع نوسانات، و هموارسازی و آزمون مؤلفه‌ها توجه بیشتر به نوع حلقه‌های بازخوردی نسبت به نمودارهای علی - معلولی</p>

۲-۶-۳ تعریف چند اصطلاح

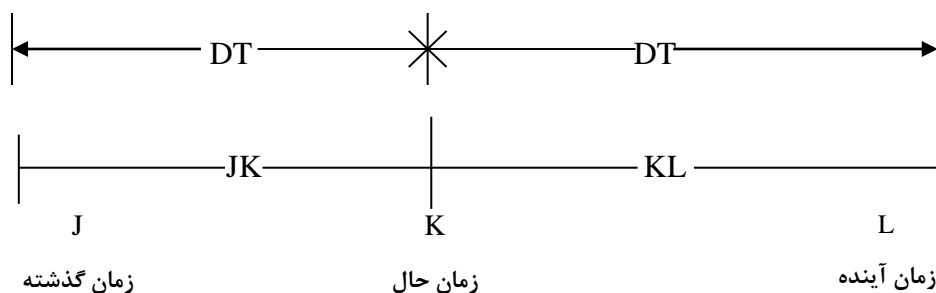
الف) نمودارهای علی - معلولی: نمودارهایی را گویند که ضمن تعیین روابط علی بین دو یا چند متغیر، جهت تأثیر آن متغیرها را مشخص می‌کنند. مثلاً اگر A افزایش یابد، B افزایش خواهد یافت و اگر B نیز افزایش یابد، A افزایش می‌یابد. این تأثیر دوسویه است، در حالی که اگر فقط A بر B تأثیر می‌گذاشت، تأثیر یک‌سویه بود.

ب) نمودارهای جریان: عبارت است از متغیرهای مدل که به شیوه‌ای به تصویر کشیده‌اند که طی آن فرایندهای تجمع و جریان اطلاعات و مواد مشخص می‌شوند.

ج) ساختارهای بازخوردی: تغییرات حاصل را در طول زمان نشان می‌دهند و تأثیرات قبل و بعد متغیرها را به صورت بازخوردی معین می‌کنند.

د) افق زمانی: افق زمانی که آن را قالب یا حیطه زمانی نیز گفته‌اند، به یک دروه زمانی اطلاق می‌شود که در طول آن مسائل رفتار و مقادیر خود را نمایان می‌سازند. در واقع، افق زمانی، طول زمانی شبیه‌سازی مدل‌های پویایی‌شناسی سیستمی را مشخص می‌کند.

ه) DT: چنانچه زمان حال مبدأ مقایسه باشد، آنگاه فاصله زمانی گذشته تا حال و حال تا آینده زمان حایل یا فاصله زمانی نامیده می‌شود و آن را با DT نمایش می‌دهند (نمودار (۲-۲)).



نمودار (۲-۲) زمان حایل

و) متغیر حالت: انباشتگی پدیده‌ها در سیستم‌های بازخورد را متغیرهای حالت می‌نامند. متغیر حالت جریان مواد را به خود جلب می‌کند و موجب بروز جریان‌های تغییر دهنده می‌شود.

ز) متغیر نرخ: جریان‌های افزایشنده-کاهنده حالت را نرخ گفته که در متغیر حالت تغییر ایجاد می‌کند.

۲-۶-۴ نحوه نمایش مدل

مدل را در حالت کلی به دو صورت می‌توان نمایش داد.

الف- نمایش تصویری مدل: نمایش تصویری مدل به دو صورت نمودار علی - معلولی و حالت - جریان است.

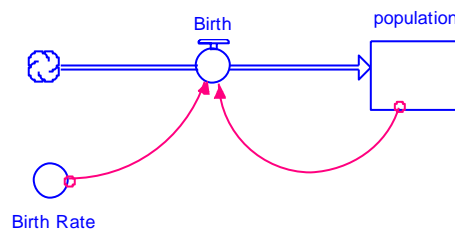
نمودار علی - معلولی

نمودار علی - معلولی رابطه بین پدیده‌ها را نشان می‌دهد. دو عامل A و B دارای یک رابطه علی - معلولی می‌باشند؛ اگر وجود A و یا تغییر در A موجب تغییر در B گردد به شرطی که سایر عوامل ثابت باشند. در این صورت گفته می‌شود A علت و B معلول است. به عنوان مثال افزایش جمعیت منجر به افزایش میزان زاد و ولد می‌شود، بنابراین افزایش جمعیت، علت و افزایش زاد و ولد، معلول است (ترابی، ۱۳۸۷).

افزایش جمعیت ← افزایش زاد و ولد

نمودار حالت جریان

در این نمودار نحوه و روند اتصال متغیرها را نشان می‌دهیم.



نمودار (۲-۳) نمودار حالت - جریان افزایش جمعیت

ب- نمایش مدل به صورت ریاضی

برای نمایش مدل به صورت ریاضی، رابطه بین متغیرهای حالت و متغیرهای جریان به صورت یک تابع تعریف می‌شود. معادلات حاصل از رابطه بین متغیرهای حالت و جریان به صورت ذیل است:

$$\text{Population}(t) = \text{population}(t - dt) + (\text{Birth}) * dt$$

INIT population = 100

INFLOWS:

Birth = population*Birth_Rate

Birth_Rate = 0.12

به این ترتیب با توجه به دستگاه معادلات فوق، در صورتی که مقادیر اولیه متغیرهای حالت و متغیرهای کمکی در زمان t مشخص شود، می توان مقادیر جمعیت را در زمان های بعدی محاسبه نمود (فارستر، ۱۹۹۸).

۲-۶-۵ رویکردهای مختلف تحلیل پویایی شناسی سیستمی به مسأله تخمین پارامتر

تخمین پارامتر و تطبیق مدل با داده های زمانی موضوعاتی بحث برانگیز در تحلیل پویایی شناسی سیستمی محسوب می شوند. در رابطه با این مسأله، دو مکتب فکری وجود دارد. مکتب اول، «مکتب کلاسیک»^۱ دیوید پترسون^۲ (۲۰۰۳) و مکتب دوم، «مکتب تمایل آماری»^۳ جرج ریچاردسون^۴ (۱۹۸۱) است. طرفداران مکتب اول معتقدند که لزومی ندارد پارامترهای یک مدل تحلیل پویایی شناسی سیستمی را با تکنیک های آماری رسمی تخمین زد و یا رفتار آن را دقیقاً با مجموعه ای از داده های سری زمانی تطبیق داد. در حالی که طرفداران مکتب دوم در جبهه مخالف این نظر قرار دارند. مکتب سوم نیز با نام «مکتب تطبیق دستی»^۵ وجود دارد که طرز فکری مابین این دو مکتب دارد. پیروان این مکتب، مشابه مکتب کلاسیک، تخمین اولیه ای از پارامترهای مدل به دست آورده و سپس به صورت دستی این پارامترها را آن قدر تغییر می دهند تا رفتار مدل شبیه به رفتار مجموعه داده های زمانی شود (پترسون^۶، ۱۹۸۰).

۲-۶-۵-۱ روش های تخمین پارامتر در مکتب کلاسیک تحلیل پویایی شناسی سیستمی

روش های تخمین پارامتر را می توان براساس فرضیات مورد نیاز و داده های در دسترس طبقه بندی

¹ - Classical School

² - David Peterson

³ - Statistically inclined school

⁴ - George Richardson

⁵ - Hand Calibration

⁶ - Peterson

کرد. در مدل‌های پویایی‌شناسی سیستمی، داده‌ها را می‌توان در دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد: داده‌های در زیر سطح انباشتگی^۱ متغیرهای مدل (داده‌های غیرانباشته) و داده‌های در سطح انباشتگی متغیرهای مدل (داده‌های انباشته). داده‌های انباشته مستقیماً به متغیرهای مدل مربوط می‌باشند. داده‌های در زیر سطح انباشتگی (داده‌های غیرانباشته) اطلاعاتی در مورد اتفاقات یا موارد خاصی که ممکن است بعد از جمع‌آوری و در کنار هم قرار دادن آن‌ها به متغیرهای مدل مربوط باشند را در برمی‌گیرند (گراهام^۲، ۱۹۸۰).

روش‌های تخمین پارامتر با توجه به میزان نیاز به فرض صحت معادلات مدل به سه گروه تقسیم می‌شوند:

الف- روش‌هایی که به فرضیات خاصی نیاز ندارند، چون در محاسبه پارامترها از طریق این تکنیک‌ها از معادلات مدل استفاده نمی‌شود. در این تکنیک‌ها از داده‌های غیر انباشته استفاده می‌شود و پارامترها به گونه‌ای تعیین می‌شوند که اتفاقات و فرآیندهای مشاهده شده در سیستم واقعی را توجیه کنند.

ب- روش‌هایی که با فرض درست بودن معادلات مورد استفاده قرار می‌گیرند و از این رو براساس داده‌های انباشته قرار دارند.

ج- روش‌هایی که از چندین معادله (چند معادله و یا تمامی معادلات مدل) برای تعیین مقادیر پارامترها استفاده می‌کنند (گراهام، ۱۹۸۰).

۲-۶-۶ روش‌های کالیبراسیون در مدل‌های تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی

کالیبراسیون، فرآیند تخمین پارامترهای مدل به منظور ایجاد تطابق بین رفتار مشاهده شده با رفتار شبیه‌سازی شده است. کالیبراسیون به طور ضمنی سعی در مرتبط ساختن ساختار مدل به رفتار مدل دارد. مقادیر پارامترهای مدل تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در ابتدا از طریق مشاهدات مستقیم،

¹ - Bellow the Level of Aggregation

² Graham

حدهای تجربی و سایر منابع داده‌ای در سطح زیر انباشتگی متغیرهای مدل به صورت مقدماتی تخمین زده می‌شوند. این مقادیر سپس بر مبنای یک فرآیند تکراری (فرآیند کالیبراسیون) تجدید نظر شده و تغییر می‌کنند تا با رفتار سیستم واقعی تطبیق پیدا کنند (الیو^۱، ۲۰۰۲).

یکی از روش‌های کالیبراسیون مطرح شده روش کالیبراسیون دستی است. در این فرآیند مدل‌ساز تفاوت‌های میان خروجی مدل و داده‌ها را آزمایش می‌کند و دوباره مدل را شبیه‌سازی می‌کند. این فرآیند آن قدر ادامه می‌یابد تا تطبیقی مطلوب بین داده‌ها و نتایج مدل حاصل شود، بنابراین فرآیند تخمین پارامتر به تجربه و تخصص مدل‌ساز بستگی دارد (الیو، ۲۰۰۲).

علاوه بر کالیبراسیون دستی تعدادی روش‌های کالیبراسیون خود کار که برپایه آمار قرار دارند نیز وجود دارد که از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- اقتصادسنجی (روش حداقل مربعات معمولی، روش حداقل مربعات غیرخطی).
- تخمین برپایه روش «احتمال بیشترین اطلاعات کامل از طریق گزینش بهینه (FIMLOF)^۲» و مشتقات آن.
- الگوریتم بهینه‌سازی مرجع مدل (MRO)^۳.

مطالعات اولیه (سنج^۴ و دیگران) نشان داده است که روش‌های اقتصادسنجی به دلیل گرایش مدل‌های تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی به مغشوش کردن و ایجاد اختلال در پیش فرض‌های روش تخمین حداقل مربعات معمولی، چندان مفید نخواهد بود. در روش آماری دیگر؛ MRO و FIMLOF، سعی در تخمین پارامترهای کل مدل به صورت همزمان و به صورت نامتناقض دارند. روش FIMLOF بر مبنای آمار مهندسی قرار دارد، روش MRO نیز بر مبنای الگوریتم‌های بهینه‌سازی غیرخطی قرار دارد. این الگوریتم‌ها در فضای جواب پارامترها جستجو می‌کنند تا بهترین مقدار ممکن برای پارامترها بیابند. هر دو روش مذکور شامل داده‌ها و محاسبات فراوان و پیچیده می‌باشند ولی در نهایت به

¹ Olive

² - Full Information Maximum Likelihood via Optimal Filtering

³ - Model Reference Optimization

⁴ - Senge

تطبیقی بهینه بین ساختار موجود و پارامترهای تنظیم شده منتهی می‌شوند. به عبارت دیگر، حتی مدل‌سازی مبتدی نیز می‌تواند به تطابق‌های خوبی دست‌یافته و مهمتر از آن به نتایج تکرار پذیری نیز برسد (الیو، ۲۰۰۲).

۲-۷ مقایسه تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی با اقتصادسنجی

پویایی‌شناسی سیستمی، از آغاز پیدایش، از طریق روش‌های مختلفی نظیر تحقیق در عملیات و اقتصادسنجی به چالش کشیده شده است. این چالش به ویژه در میان اقتصاددانان به وضوح به چشم می‌خورد. اقتصاددانان همواره به کاربرد روش تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی در حوزه علم اقتصاد مشکوک بودند؛ زیرا این روش اساساً با روش‌هایی که تاکنون در علم اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گرفت متفاوت بود. عدم تأکید این روش بر تئوری و روابط ریاضی و آماری پیچیده سبب شده است تا بسیاری از اقتصاددانان با بی‌اعتمادی به آن نظر کنند. با انتشار مطالعات «دینامیک شهری»^۱ در سال ۱۹۶۹، «دینامیک جهانی»^۲ در سال ۱۹۷۰ و «محدودیت‌های رشد»^۳ در سال ۱۹۷۲ توسط فارستر که همگی با رویکرد تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی به این مسائل پرداخته‌اند، این موضوع تا حدی تغییر کرده است. اغلب اقتصاددانان، منتقد مدل‌های دینامیک شهری و جهانی بودند و یکی از رایج‌ترین اشکالی که آن‌ها به این مدل‌ها گرفتند این بود که پارامترهای این مدل با روش‌های اقتصاد-سنجی تخمین زده نشده‌اند. البته انتقاداتی که برخی اقتصاددان‌ها به مدل‌های تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی داشتند از خود این مدل‌ها فراتر رفته و کل شیوه مدل‌سازی تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی را زیر سوال بردند [۵]. بنابراین در ادامه ابتدا به مقایسه کلی تحلیل پویایی‌شناسی سیستمی و اقتصادسنجی و بهینه‌سازی پرداخته و سپس به طور مفصل تفاوت‌های میان این سه رویکرد مورد بررسی قرار می‌گیرد و در بخش بعد امکان استفاده از تحلیل پویایی سیستم‌ها در مدل‌های اقتصادی و ترکیب آن با اقتصادسنجی بررسی شده است.

¹ - Urban Dynamics

² - World Dynamics

³ - Growth Limits

۲-۸ مدل‌های اقتصادسنجی

مدل‌های اقتصادسنجی در حیطه‌ی تکنیک‌های شبیه‌سازی قرار می‌گیرند. این مدل‌ها نشأت گرفته از آمار و اقتصاد هستند؛ در صورتی که روش‌های شبیه‌سازی دیگر، ریشه در تحقیق در عملیات و مهندسی دارند. چنین تفاوت‌هایی به اختلافات بزرگی در هدف و عمل منجر می‌گردد. دوم اینکه مدل‌های سنجی یکی از تکنیک‌هایی است که امروزه به طور گسترده بکار گرفته می‌شود. اقتصاد-سنجی که پیش‌گامان آن اقتصاددانان برنده جایزه نوبل - جان تین برگن و لارس کلین - بوده‌اند، هم-اکنون تقریباً در همه رشته‌های بازرگانی و اقتصاد تدریس می‌شود (لیوگول^۱ و همکاران، ۲۰۱۲).

۲-۸-۱ محدودیت‌های مدل‌سازی اقتصادسنجی

اقتصادسنجی در لغت به معنای اندازه‌گیری روابط اقتصادی است. مدل‌سازی اقتصادسنجی سه مرحله دارد: تشخیص، تخمین و پیش‌بینی. ابتدا ساختار سیستم به وسیله مجموعه‌ای از معادلات با پشتوانه فرضیه‌هایی مشخص می‌شوند. سپس ارزش پارامترها (ضرایبی که تغییرات یک متغیر را به تغییرات دیگر ربط می‌دهد) بر مبنای داده‌های تاریخی تخمین زده می‌شود و نهایتاً محصول نهایی برای پیش‌بینی عملکرد آینده سیستم استفاده می‌شود. نقطه ضعف عمده مدل‌های سنجی ریشه در نظریه‌های اقتصادی دارد؛ فرض‌های درباره رفتار عقلایی عوامل اقتصادی، در دسترس بودن اطلاعاتی که تصمیم‌گیرنده واقعی در اختیار ندارد (فرض اطلاعات کامل درباره تعادل) بسیاری از اقتصاددانان به ایده‌آل و انتزاعی بودن این فرض‌ها اذعان دارند، اما در عین حال به نتایجی که از این مدل‌ها بدست می‌آید اشاره می‌کنند (رضا مقدس، ۱۳۷۳). از مهم‌ترین محدودیت‌های مدل‌های اقتصادسنجی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: تفاوت در منابع اطلاعاتی، تفاوت در درجه سختی^۲، تفاوت در ساختار مدل (استرمن، ۱۹۸۸). تفاوت در نوع معادلات، تفاوت در شکل تابع، تفاوت در انعکاس تأخیرها، تفاوت در تخمین پارامتر، تفاوت در نحوه اعتبارسنجی، تفاوت در هدف (شیلینگ^۳، ۲۰۰۴).

^۱ Liuguo1

^۲ - Degree of Hardness

^۳ Shilling

۲-۹ پیشینه

پیشینه تحقیق در دو بخش مطالعات خارجی و داخلی تدوین شده، که در هر بخش پیشینه تحقیقات مربوط به مدیریت سرمایه‌گذاری، مدل‌های کلان انرژی با رویکردهای سیستم دینامیک و اقتصاد-سنجی ارائه می‌شود. مطالعات داخلی و خارجی متعددی در خصوص مدل‌های کلان‌سنجی اقتصاد در بخش انرژی انجام شده است. بررسی ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که موضوعی با عنوان ارزیابی اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی بر مدیریت سرمایه‌گذاری بخش انرژی (رویکرد سیستم دینامیک) تا کنون انجام نشده است. ولی در پژوهش‌هایی مشابه مدل‌های کلان‌سنجی بصورت پویا با استفاده از سیستم دینامیک انجام شده‌اند که به اختصار به آنها می‌پردازیم.

۲-۹-۱ مطالعات داخلی

مطالعات مربوط به انرژی را می‌توان در گروه‌های مربوط به تعدیل قیمت حامل‌های انرژی، تقاضای انرژی، سرمایه‌گذاری انرژی و رشد اقتصادی تقسیم کرد. محققان تابحال این موضوعات را با استفاده از رویکردها و روش‌های متفاوتی بررسی کرده‌اند، از آنجا که رویکرد مورد استفاده در این پژوهش سیستم دینامیک می‌باشد، سعی شده است به مهم‌ترین این پژوهش‌ها در حوزه انرژی اشاره شود. در حوزه اقتصاد انرژی و به ویژه در زمینه مسائل صنعت گاز و نفت، مطالعات که صنعت گاز را با رویکرد پویایی سیستمی مورد بررسی قرار داده باشند بسیار اندک است (صمدی و امامی میبدی، ۱۳۹۴). در زمینه تغییر قیمت حامل‌های انرژی، اورعی و همکاران در سال ۱۳۹۳، با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی، اثرات تغییر قیمت برق کشاورزی و سوخت ناشی از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها بر شاخص اقتصادی نسبت سود به هزینه کشت پسته در دشت رفسنجان مورد بررسی قرار دادند و در نتیجه آن بیان کردند که در پی اثرات تورمی قابل توجه اجرای هدفمندی یارانه‌ها، منجر به کاهش سود حاصل از پسته و حتی ضررده شدن این صنعت می‌شود. اولین مدل‌های ساخته‌شده با ابزار سیستم دینامیک مدل‌های سری WORLD هستند که به بررسی آینده جهان با توجه به رشد جمعیت و محدودیت منابع طبیعی می‌پردازد. در دهه ۱۹۷۰ پروژه‌های مدل‌سازی جهانی با استفاده از

تحلیل پویایی شناسی سیستمی توسط گروه تحلیل پویایی شناسی سیستم دانشگاه MIT انجام شد. در طول پروژه‌های فوق، مدل‌های WORLD2 و WORLD3 برای بررسی چالش‌های بشریت در سال‌های آینده، ساخته شدند (قادری و صدیقی، ۱۳۸۸، ص ۳).

نظیفی و همکاران در سال ۱۳۹۲ در پژوهشی تحت عنوان نوسانات قیمت انرژی در مدل‌های رگرسیون چرخشی و شبکه عصبی، نوسانات قیمت انرژی الکتریکی را در ارتباط با حامل‌های انرژی و بازارهای مالی و تقاضای انرژی در نظر گرفتند و در این راستا از دو روش غیر خطی شبکه‌های عصبی و رگرسیون چرخشی استفاده کردند تا بتوان اثر شوک‌های متغیرهای مستقل را بر روی متغیر وابسته بهتر مدل‌سازی کرد و قابلیت تشخیص دو رژیم با نوسانات مختلف را داشته باشند (نظیفی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به ضرورت تعیین عوامل موثر بر تقاضای انرژی مطالعات وسیعی در این زمینه در سال‌های اخیر صورت گرفته است که اغلب آنها به نقش و اهمیت رشد اقتصادی در تقاضای انرژی تمرکز داشته‌اند.

به نقل از پژوهش صادقی و همکاران (۱۳۹۳) از مقاله اوزتورک و آکاراوجی در سال ۲۰۱۰، در این مطالعه اثر توسعه مالی و تولید ناخالص داخلی بر مصرف برق بررسی شده که از اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی (بعنوان جانشین توسعه مالی) و از تولید ناخالص داخلی به عنوان رشد اقتصادی و نرخ رشد جمعیت به عنوان متغیرهای برون‌زا در مدل پیشنهادی استفاده شده است. در خصوص درآمد-های نفتی مطالعات متعددی انجام شده است، صاحب هنر و ندری در سال ۱۳۹۲، یک تحلیل اقتصادی از اثر افزایش درآمدهای نفتی بر توزیع درآمد با رویکرد BVAR، در کشور ایران انجام دادند.

در خصوص پیش‌بینی مقدار تقاضای انرژی، پژوهش‌های صورت گرفته عمدتاً میزان تقاضای نفت را در شرایط مختلف مورد بررسی قرار دادند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل (ARMAX) به پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران پرداختند.

الکساندرو و لوزاتی^۱ به این نتیجه رسیدند که سیاست‌گذاران می‌توانند با سیاست‌گذاری، سیاست-گذاری را در تکنولوژی منابع انرژی جایگزین تحریک نمایند. محمدی و همکاران (۱۳۹۳) رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران را رد قالب مدلی تحلیلی از علیت خطی و غیر خطی به روش خطی گرنجر و انتگرال همبستگی بررسی نموده‌اند.

اسکریبنز^۲ در مقاله توسعه مدل سرمایه‌گذاری با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی، مدلی از حجم معاملات اقتصاد کلان و امکان‌پذیری مدل‌سازی سرمایه‌گذاری را نشان داده است. نوآوری این تحقیق مربوط به نقش ویژه سرمایه‌گذاری در معاملات اقتصاد کلان است. سرمایه‌گذاری‌هایی که میزان توسعه اقتصاد را هم در شرایط فعلی و هم در شرایط آینده تعیین می‌کند (اسکریبنز، ۲۰۱۰، ص ۱-۱۲). مهرگان و سلمانی (۱۳۹۳)، با استفاده از مدل‌های چرخشی مارکف شوک‌های قیمتی پیش‌بینی نشده نفت را طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۹ در ارتباط با رشد اقتصادی در ایران مورد بررسی قرار دادند و از پژوهش ایشان این نتیجه حاصل شد که شوک‌های پیش‌بینی نشده مثبت در مقلیسه با شوک‌های منفی هم‌اندازه با تاثیر کمتر ولی با دوام بیشتر قادر خواهد بود اقتصاد و رشد اقتصادی را بهبود دهد، اما چندان نمی‌توانند رشد اقتصادی را تضمین کنند.

با توجه به استفاده گسترده از حامل‌های انرژی، انتظار می‌رود سیاست‌های اعمال شده بر این حامل‌ها، متغیرهای متعددی را در سطح اقتصاد کلان تحت تاثیر قرار داده و پیامدهای گسترده‌ای را به همراه داشته باشد. مرور مطالعات نیز هم از جهت روش و ابزار استفاده مانند الگوهای تعادل عمومی و هم از نظر تنوع در طیف متغیرهای مورد بررسی، این گستردگی را نشان می‌دهند. به عنوان مثال مایکل کومن به منظور بررسی اثر افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر خانوار، با استفاده از جدول داده-ستانده، افزایش قیمت گاز طبیعی، نفت، زغال‌سنگ و برق را برای انگلستان بررسی نمود.

حسینی نسب و حاضری نیری (۱۳۹۱) و شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی اثرات آزادسازی قیمت حامل‌های انرژی به ترتیب بر تولید ناخالص ملی و رفاه خانوارها پرداختند (آماده و همکاران،

1. Alessandro & Iozzati

2. Skribans

۱۳۹۳). بزازان و همکاران (۱۳۹۴) تاثیر هدمندی یارانه انرژی برق را بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا طی یک رهیافت سیستمی بررسی نمودند. صمدی و امامی میبدی (۱۳۹۴) هدف مطالعات خود را بررسی مسیر درازمدت اکتشاف، استخراج و تولید گاز ایران و نحوه اثرگذاری گسترش تولید از منابع نامتعارف گازی قرار دادند، برای رسیدن به این هدفشان از رویکرد پویایی شناسی سیستمی استفاده شد، الگوی طراحی شد دارای سه زیر سیستم چرخه اکتشاف، تولید گازهای متعارف، سرمایه‌گذاری و تقاضای جهانی است، و برای دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۱۴ شبیه‌سازی شده است، ایشان در مطالعات خود با بررسی پیشینه مربوط به مطالعات انرژی در زمینه نفت و گاز کارهای جانسون^۱ و همکاران (۲۰۰۶) در زمینه صنعت نفت و گاز، چای^۲ و همکاران (۲۰۰۹) پویایی‌های صنعت گاز انگلستان، لی^۳ و همکاران (۲۰۱۱) در مورد نگرانی‌های زیست محیطی و جایگزینی گاز با زغال‌سنگ در تولید انرژی، که همگی با رویکرد پویایی شناسی سیستمی انجام شده‌اند، را بررسی نمودند (صمدی و امامی میبدی، ۱۳۹۴).

لزوم بررسی قیمت انرژی الکتریکی و نحوه قیمت‌گذاری آن در ارتباط با حامل‌های انرژی و دیگر عوامل موثر پژوهشی است که نظیفی و همکاران (۱۳۹۲) انجام دادند، در این مطالعه سعی بر آن شده سهم هر یک از عوامل مؤثر بر قیمت‌گذاری انرژی الکتریکی بررسی شود. صادقی و همکاران (۱۳۹۳) به دلیل لزوم درک پایان‌پذیر بودن منابع انرژی و جلوگیری از بوجود آمدن بحران تقاضای انرژی در آینده در کشور ایران در حالی که عرضه منابع انرژی به تقاضاکنندگان داخلی، به دلیل دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی با قیمت‌های نازلی صورت می‌گیرد، به بررسی عوامل تعیین‌کننده تقاضای انرژی پرداختند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳). در مورد مدل‌سازی بخش انرژی و تعدیل قیمت‌های بخش انرژی در ایران چند تحقیق انجام شده است، ناصر خیابانی (۱۳۸۷)، یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه SCGE برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران پیشنهاد کرده

¹. Johnson

². Chi

³. Lee

است، دکتر حسین باستان‌زاد و دکتر فرهاد نیلی (۱۳۸۳)، اهداف سیاستی قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران را بصورت مقایسه‌ای با دیگر کشورها بیان کرده‌اند، حمید آماده و دیگران (۱۳۸۸)، به بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران پرداخته‌اند.

محمودی و شاهنوشی (۱۳۸۸) در زمینه سرمایه‌گذاری، مصرف انرژی و آلودگی در کشورهای در حال توسعه پژوهشی را انجام داده‌اند که در آن به تحلیل اثر سرمایه‌گذاری و مصرف انرژی بر آلودگی زیست‌محیطی در گروهی از کشورهای در حال توسعه پرداخته شده است. نتایج مطالعه حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار شاخص‌های سرمایه‌گذاری و مصرف انرژی بر میزان انتشار CO₂ می‌باشد. محسن اصیلی^۱ (۲۰۰۸) یک مکانیزم بهبودیافته برای هزینه‌های ظرفیتی و زیربنایی بخش انرژی با رویکرد سیستم دینامیک طراحی کرد به این صورت که مدلی برای برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری در محیط رقابتی بازار برق ارائه داد. دیوید پایک و همکاران در سال ۲۰۰۸ با بهره‌گیری از رویکرد alternating-move در شرایط عدم اطمینان از هزینه تولید، قیمت‌گذاری پویا تعیین کردند.

فغانی در سال ۱۳۸۶ کاربرد علم پویایی‌شناسی سیستمی را در اقتصاد، صنعت و تجارت مورد بررسی قرار داد. همچنین در سال‌های اخیر، تحقیقاتی مانند، پویایی‌شناسی بخش‌های اقتصادی برای تشخیص تشخیص فعالیت‌های کلیدی، اقتصاد ایران، کاربرد روش پویایی‌شناسی سیستمی در سیستم پلیس، طبقه‌بندی پارادایمی از مدل‌های پویایی‌شناسی، آشوب در سیستم‌های پویا و تحول در سیستم‌های مدیریت و... در ارتباط با علم پویایی‌شناسی سیستمی توسط محققان ایرانی صورت گرفته است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از نرم‌افزارهای مدل‌سازی پویا کاری جدید است که تاکنون به ندرت در زمینه حامل‌های انرژی انجام شده است. اما در مورد مدل‌سازی بخش انرژی و تعدیل قیمت‌های بخش انرژی در ایران چند تحقیق انجام شده است، ناصر خیابانی (۱۳۸۷)، یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه SCGE برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران

¹ Mohsen Asili

پیشنهاد کرده است، دکتر حسین باستانزاد و دکتر فرهاد نیلی (۱۳۸۳)، اهداف سیاستی قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران را بصورت مقایسه‌ای با دیگر کشورها بیان کرده‌اند، حمید آماده و دیگران (۱۳۸۸)، به بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران پرداخته‌اند.

دکتر محمد علی مولایی و دیگران (۱۳۹۱)، فرآیند تعیین قیمت تعادلی در بازار برق ایران را با رویکرد پویایی سیستمی تعیین نموده‌اند، داوود منظور و حسین رضایی (۱۳۹۱) بوسیله رویکرد پویایی سیستمی اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان ظرفیت‌سازی و تولید برق در کشور را مورد بررسی قرار دادند، همچنین همین محققان در سال ۱۳۹۱ اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر قیمت برق در بازار تجدیدساختاریافته را با رویکرد پویایی سیستمی و در سال ۱۳۹۲، اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای را با رویکرد پویایی سیستمی، تعیین نمودند. علی حسن‌زاده، در مقاله‌ای تحت عنوان اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در جمهوری اسلامی ایران به اهمیت و ضرورت ایجاد تغییر در ساختار قیمتی حامل‌های انرژی اشاره کرده است. محمد نوفرستی و مهدی جلویی (۱۳۹۱)، در چارچوب یک الگوی اقتصادسنجی کلان ساختاری اثر افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر متغیرهای عمده اقتصاد کلان ایران را بررسی و تشریح کردند، مجید اسلامی‌اندارگلی و دیگران در سال ۱۳۹۱ اثرات رفاهی نقدینه کردن یارانه‌های انرژی الکتریکی را بر اقتصاد ایران بیان کردند، نیکزاد منطقی در اولین کنفرانس رویکرد سیستمی در ایران استفاده از رویکرد سیستمی در انتخاب مناسب‌ترین روش تولید برق یاد کرده است.

در زمینه مصرف انرژی و تقاضای فرآورده‌های نفتی مدل‌های ارائه شده غالباً از نوع مدل‌های بهینه‌سازی، رفتاری اقتصادسنجی و مدل‌های آماری هستند، این مدل‌ها مشخصه‌های کلی عرضه و مصرف انرژی را منعکس کرده و پیش‌بینی محورند. در بعد دینامیک سیستم مدل‌های انرژی مبتنی بر مصرف و تقاضای نفت، پژوهشی در سال ۱۹۹۰ پیرامون تولید نفت در کشورهای توسعه یافته انجام شد و مدل‌های دیگر نیز با استفاده از روش سیستم دینامیک به مدل‌سازی تولید و مصرف نفت

در کشورهای نظیر چین پرداخته اند (پورمعصومی و همکاران، ۱۳۸۹).

سابقه تاریخی تهیه و تنظیم و کاربرد مدل‌های کلان‌سنجی در ایران به قبل از انقلاب اسلامی سال ۱۳۵۷ برمی‌گردد. مدل‌های کلان‌سنجی مربوطه اصولاً برای سه هدف مهم و اساسی ساخته شده‌اند. این اهداف عبارتند از اندازه‌گیری میزان و شدت تأثیر اجرای سیاست‌های اقتصادی قبل از اجرا، پیش‌بینی متغیرهای برون‌زا و درون‌زای موجود در مدل، و همچنین کنترل برخی از متغیرهای اقتصادی مورد نظر مسئولین اجرایی و کارگزاران امور اقتصادی می‌باشد (امامی، ۱۳۹۳).

محمودی و شاهنوشی (۱۳۸۸) در زمینه سرمایه‌گذاری، مصرف انرژی و آلودگی در کشورهای در حال توسعه پژوهشی را انجام داده‌اند که در آن به تحلیل اثر سرمایه‌گذاری و مصرف انرژی بر آلودگی زیست‌محیطی در گروهی از کشورهای در حال توسعه پرداخته شده است. نتایج مطالعه حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار شاخص‌های سرمایه‌گذاری و مصرف انرژی بر میزان انتشار CO_2 می‌باشد. آرمن و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی رابطه بین مصرف حامل‌های انرژی و تولید صنعتی در ایران، رابطه هم‌انباشتگی و علیت بین مصرف هر یک از حامل‌ها و کل مصرف نهایی انرژی در صنعت با تولید صنعتی در ایران در یک چارچوب چندمتغیره با استفاده از رویکرد خودرگرسیون (ARDL) و (VECM) طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ بررسی نموده است.

نتایج نشان می‌دهد که تولید صنعتی، اشتغال و موجودی سرمایه در صنعت، متغیرهای موثر در بلندمدت برای کل مصرف نهایی در بخش صنعت و مصرف همه حامل‌های انرژی به غیر از زغال‌سنگ می‌باشد. شکیبایی و احمدلو (۱۳۹۰) در پژوهش خود در زمینه بررسی رابطه بین مصرف حامل‌های انرژی و رشد زیربخش‌های اقتصادی طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ با رهیافت تصحیح خطای برداری پرداخته است. آماده (۱۳۹۲) در مقاله تحلیل اقتصادسنجی تقاضای نفت گاز در زیر بخش حمل و نقل جاده‌ای - مقایسه رهیافت هم‌انباشتگی و STSM به برآورد تابع تقاضای نفت گاز در زیربخش حمل و نقل جاده‌ای پرداخته است.

محمدزاده و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی دیگر رابطه میان مصرف انرژی و توسعه مالی در ایران را

با استفاده از مدل ARDL و VECM بررسی نموده و نتایج نشان‌دهنده وجود رابطه علی دوطرفه‌ای میان توسعه مالی و مصرف انرژی و نیز جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی در بلندمدت می باشد.

۲-۹-۱ مدل‌های کلان انجام‌شده با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی مشتمل بر بخش

انرژی در ایران

استفاده از مدل در برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی سابقه طولانی در کشور ما ندارد به طوری که اولین الگوی کلان‌سنجی ایران توسط آنکتاد (UNCTAD) انجام شد که در برنامه چهارم عمرانی کشور در سال ۱۳۴۷ از آن استفاده گردید. الگوسازی در مدل‌های کلان‌سنجی، مراحل تکامل خود را به تدریج طی کرده است به گونه‌ای که تا سال تدوین برنامه‌ی پنج‌ساله‌ی سوم بعد از انقلاب (۱۳۷۸)، بیش از ۲۰ مدل در برنامه‌ریزی و تحلیل‌های کلان اقتصاد و ۳۵ الگو در پایان‌نامه‌های دانشجویان، یعنی مجموعاً ۵۵ الگوی کلان‌سنجی برای اقتصاد ایران طراحی گردیده است (برنامه سوم توسعه، ۱۳۷۸).

در هیچ یک از این مدل‌ها، انرژی نه در مرحله‌ی طراحی معادلات و نه در تحلیل ابزارهای سیاست‌گذاری‌های کلان وارد نشده است. تنها در الگوهای سال‌های اخیر که توسط بانک مرکزی و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تهیه گردیده‌اند به تأثیر مصرف فرآورده‌های نفت در میزان صادرات نفت اشاره شده است (برنامه سوم توسعه، ۱۳۷۸).

اولین الگوی کلان‌سنجی برای ایران در سال ۱۳۴۷ توسط آنکتاد تهیه شده است و این الگوی اقتصادسنجی از ۴۰ معادله تشکیل شده است که مرکب از ۸ اتحاد و ۳۲ رابطه‌ی رفتاری است. در تخمین الگو از آمار دوره‌ی زمانی سالانه ۱۳۳۵ تا ۱۳۴۲ استفاده شده که شامل ۸ مشاهده است. در این الگو از نوع مدل‌های اصطلاحاً دو شکافی استفاده شد و به بررسی سرمایه‌گذاری و امکانات ارزی جهت رسیدن به هدف‌های مورد نظر می‌پردازد (نوفرستی و عرب مازار، ۱۳۷۳).

پس از الگوی اقتصادسنجی آنکتاد، دوباره در سال ۱۳۵۲، الگوی جدیدی توسط آنکتاد به منظور شرکت در پروژه‌ی پیوند ارائه شد. پروژه‌ی پیوند که طرح تنظیم یک الگوی جهانی است ابتدا برای کشورهای صنعتی غرب (به اضافه ژاپن) در نظر گرفته شده و مورد استفاده قرار گرفته بود. از آن پس،

سعی بر گسترش دامنه‌ی این پروژه به کل جهان شد (نوفرستی و عرب مازار ، ۱۳۷۳). دیگر الگوهای اقتصادسنجی شامل الگوی سازمان برنامه و بودجه (۱) در سال ۱۳۵۱ و الگوی سازمان برنامه و بودجه (۲) می‌باشد (نوفرستی و عرب مازار ، ۱۳۷۳). فیروز وکیل الگوی خودش را در قالب ۱۴ معادله‌ی رفتاری و ۷ اتحاد ارائه کرده است.

برای تخمین ضریب‌های الگو از آمار دوره‌ی زمانی سال‌های ۱۳۳۸ تا ۱۳۵۰ ، کمک گرفته شده است (نوفرستی و عرب‌مازار ، ۱۳۷۳).

الگوی کلان برنامه‌ی اول توسعه اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی جمهوری اسلامی ایران اولین الگویی است که به طور رسمی جهت استفاده در برنامه‌ریزی اقتصادی پس از انقلاب اسلامی توسط دفتر اقتصاد کلان سازمان برنامه و بودجه در طول سال‌های ۱۳۵۶ تا ۱۳۶۷ انجام گرفته است و در آن سه تعادل اصلی یعنی ۱- تعادل سرمایه‌گذاری- پس‌انداز، ۲- تعادل تراز پرداخت‌های خارجی، ۳- تعادل بودجه دولت، مورد بررسی قرار گرفته است (برنامه اول توسعه اقتصادی، ۱۳۶۹).

در سال ۱۳۷۵ الگوی کلان‌سنجی دیگری در وزارت دارایی توسط محمد نوفرستی و عباس عرب مازار الگوی وزارت اقتصاد و دارایی تدوین شد. در این مطالعه دو بخش تجارت خارجی و پول در یک چارچوب تاریخی در صحنه‌ی اقتصاد ایران مورد بررسی قرار گرفته است (نوفرستی و عرب مازار، ۱۳۷۵).

در ادامه برخی از مهم‌ترین مدل‌های ارائه شده به صورت مختصر بیان شده است.

الگوی آق‌اولی و سیروس ساسان‌پور

پس از انقلاب اسلامی در سال ۱۳۶۱، الگوی کلان‌سنجی توسط دو محقق اقتصاددان به نام‌های بیژن آق‌اولی و سیروس ساسان‌پور در صندوق بین‌المللی پول تنظیم شد. هدف اصلی از تنظیم این الگو بررسی اثر افزایش قیمت نفت بر اقتصاد ایران بوده است.

با استفاده از ضریب‌های تخمین شده به روش حداقل مربعات معمولی ، الگو برای سال‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۵۶، به صورت پویا شبیه‌سازی شده است. برای بررسی اثر افزایش قیمت نفت در سال‌های ۱۳۵۲ تا

۱۳۵۳ بر اقتصاد، دوباره الگو با دو سناریو، شبیه‌سازی شده است. یکی با این فرض که قیمت نفت با نرخ ثابتی (۴۲٪) در طول سال‌های ۱۳۵۲ تا ۱۳۵۶ افزایش و دیگری این‌که در طول سال‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۵۶ با نرخ ثابت (۱۷٪) افزایش پیدا می‌کند (نوفرستی و عرب مازار، ۱۳۷۳).

الگوی سوم توسعه

آخرین الگوی اقتصادسنجی ساخته شده برای ایران الگویی است که توسط سازمان برنامه و بودجه برای استفاده در برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۰۷۰ - ۱۳۸۳) در سال ۱۳۷۸ تدوین شده است. در این مطالعه بخش نفت و فرآورده‌های نفتی در ۵ زیر بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد: تولید نفت خام، سرمایه‌گذاری در بخش نفت، مصرف داخلی فرآورده‌های نفتی، ارزش افزوده بخش نفت، صادرات نفت. مدل فوق دارای ۹۳ معادله شامل ۸۰ معادله رفتاری و ۱۳ معادله اتحادی و ۹۳ متغیر است. پارامترهای الگو عمدتاً با استفاده از آمار سری زمانی دوره‌ی سال‌های ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۶ و به روش حداقل مربعات برآورد گردیده است (برنامه سوم توسعه، ۱۳۷۸).

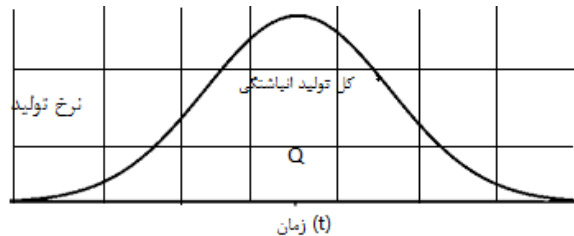
۲-۹-۲ مطالعات خارجی

ام کینگ هابرت^۱ در سال ۱۹۵۶، روشی را برای تخمین ذخایر قابل بازیابی نهایی نفت جهان، و همچنین ایالات متحده‌ی آمریکا به کار برد که به رویکرد چرخه عمر هابرت معروف است. طبق نظریه هابرت، نمودار زمانی تولید نفت یا گاز (چه در سطح جهانی و چه در سطح محلی) مانند شکل ۱ باید نمایی کوهانی داشته باشد، به طوری‌که مساحت زیر منحنی تولید، مقدار تولید تجمعی را به دست می‌دهد، در حقیقت به گفته‌ی هابرت چرخه تولید نفت و گاز یک منحنی زنگوله‌ای تولید می‌کند.

هابرت در پژوهش خود مقدار قابل بازیافت نهایی نفت را با سعی و خطا به دست آورده است، بدین صورت که داده‌ها را بر روی یک صفحه‌ی نیمه‌لگاریتمی رسم، و بهترین Q^{∞} (ذخایر قابل بازیافت

^۱ Hubbert .M.K

نهایی) را که با داده‌ها انطباق بهتری دارد، فقط با قضاوت به وسیله چشم انتخاب کرده است (هابرت، ۱۹۵۶).



$$Q = \int_0^{\infty} P d_t \text{ پذیر پایان منابع کامل تولید چرخه‌ی نمودار چرخه‌ی (۲-۴) نمودار}$$

ایزاک داینر^۱ در سال ۲۰۰۰ استراتژی‌های حمایتی و سیاست‌گذاری را در مدل‌سازی زیرساخت‌های بخش انرژی بیان کرد، آلوارو کارتئا^۲ در سال ۲۰۰۵ قیمت‌گذاری بازارهای برق را در یک مدل jump diffusion model ارائه کرد،

شائو لیوگول^۳ در سال ۲۰۱۲ بر اساس رویکرد سیستم دینامیک یک اساس و مبنا برای قیمت‌گذاری بخش خدمات و بخش انرژی ارائه داد. محسن اصیلی^۴ (۲۰۰۸) یک مکانیزم بهبودیافته برای هزینه‌های ظرفیتی و زیربنایی بخش انرژی با رویکرد سیستم دینامیک طراحی کرد به این صورت که مدلی برای برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری در محیط رقابتی بازار برق ارائه داد. دیوید پایک و همکاران در سال ۲۰۰۸ با بهره‌گیری از رویکرد alternating-move در شرایط عدم اطمینان از هزینه تولید، قیمت‌گذاری پویا تعیین کردند.

وی ای ولکونسکی و همکاران^۵ در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای تحت عنوان تعدیل قیمت منابع انرژی به بررسی جزئیات مربوط به قیمت‌های متفاوت منابع سوخت و انرژی می‌پردازد، در سطح منطقه‌ای و کلان تاثیر تعدیل قیمت‌ها را بررسی کرده و پیامدهای آن را مشخص می‌کند.

¹Isaac Dyner

²Alvaro cartea

³Shao Liuguo1

⁴Mohsen Asili

⁵V. A. Volkonskii & A. I. Kuzovkin

آقای علیرضا اخوان و همکاران^۱ (۲۰۱۵) با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک، اثر تخصیص منابع مالی بر پویایی نظام ملی نوآوری را در کشور ایران، مورد بررسی قرار داده‌اند. پژوهش‌های متعددی در زمینه استفاده از سیستم دینامیک در دنیا انجام می‌شود، می‌توان به الیاقوب و همکاران^۲ (۲۰۱۵) اشاره داشت که مدلی تحت عنوان تغییر در تعرفه قیمت‌گذاری در بازار سهام ارائه دادند. استفاده از این رویکرد در تمامی ابعاد علم قابل مشاهده می‌باشد. در سال ۲۰۱۴، ادموند برانن و همکارانش^۳ در کمیته انرژی ایالت کالیفرنیا در آمریکا، میزان تقاضای انرژی را برای سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ تخمین زدند، تا در راستای سیاست‌گذاری انرژی به صورت یکپارچه، و بدست آوردن میزان فروش و قیمت فروش هر یک از حامل‌های انرژی در طی ۱۰ سال آینده بتوانند نقاط اوج قیمت انرژی را پیش‌بینی کنند و بر مبنای آن سیاست‌گذاری انجام دهند.

این مدل شامل سه سناریو می‌باشد که عبارتند از یک سناریو با قیمت‌های تعادلی، سناریو با قیمت‌های افزایشی و سناریویی با قیمت‌های کاهشنده.

۲-۹-۲-۱ مروری بر تحقیقات کلان انرژی در جهان

چالش‌های مرتبط با انرژی و محیط زیست در سه دهه‌ی اخیر و مطالعات گسترده اقتصاددانان در تحلیل و ارزیابی آن همچنین توجه ویژه برنامه‌ریزان به انرژی به عنوان نماینده سرمایه طبیعی و عاملی که از یک سو، بر انباشت سرمایه مادی اضافه می‌کند و از سوی دیگر، از سرمایه طبیعی می‌کاهد (انرژی‌های تجدید ناپذیر) منجر به ورود مباحث انرژی به صورت خاص در برنامه‌ریزی‌های کلان و مدل‌های بزرگ اقتصادی شده است. این سطح از برنامه‌ریزی و به تبع آن مدل‌سازی که قدمت زیادی در فرآیند پژوهش‌های اقتصادی ندارند، و به تحلیل اثرات بازخوردی و واکنش انرژی و اقتصاد می‌پردازند. مدل‌سازی از تعامل انرژی و اقتصاد و سیاست‌گذاری انرژی در مدل‌های بزرگ مقیاس اقتصاد کلان، اندیشه‌های نوین در پژوهش‌های انرژی و اقتصاد است.

^۱ Akhavan & Eslamifaraa (2015)

^۲ Al Yaquob & Yamaguchi (2015)

^۳ Edmund G. Brown Jr., Governor(2014)

سیستم مدل سازی ملی انرژی در آمریکا^۱، "NEMS"

این مدل پیش بینی از تولید، تقاضا، قیمت انرژی تا ۲۰۳۰ را انجام می دهد و برای برنامه ریزی انرژی - اقتصاد - محیط زیست از سیاست های مختلف انرژی و از فروض مختلف بازارهای انرژی استفاده می کند. مدل برای تحلیل اثر قوانین و مقررات موجود یا پیشنهادی تولید و مصرف انرژی، اثر تولید انرژی جدید، اثر تکنولوژی های مصرف و تبدیل، اثر کاهش انتشار کربن، اثر افزایش مصرف منابع تجدیدپذیر و مقررات مصرف سوخت های ریفرموله شده استفاده می شود (دفتر وزارت برنامه ریزی و پیش بینی انرژی آمریکا^۲، ۲۰۰۵).

موضوعات قابل اجراء در مدل

اثرات سیاست های مالیاتی انرژی روی اقتصاد و سیستم انرژی آمریکا. اثرات روی قیمت های انرژی، مصرف انرژی، تولید برق در پاسخ به سیاست های کاهش کربن، قیمت یا هزینه های کربن، محدودیت روی انتشار کربن و یا سیستم های مجاز مبادله. پاسخ سیستم های اقتصادی و انرژی به تغییرات در شرایط جهانی بازار نفت مانند نتیجه تغییر در تولیدات خارجی و تقاضا در کشورهای در حال توسعه. اثرات تکنولوژی های جدید روی الگوی تولید، مصرف و انتشار آلاینده. نتایج سیاست های معین مثل کارایی وسایل برقی خانگی و استانداردهای بدنه در ساختمان سازی بر مصرف انرژی. اثرات روی تولید و قیمت نفت خام و گاز طبیعی به دنبال پیشرفت در تکنولوژی های تولید و اکتشاف. اثرات روی قیمت زغال سنگ به دنبال پیشرفت در بهره وری.

ساختار کلی و جزئی مدل

مدل فرایند تصمیم گیری در تولید، تبدیل و مصرف در بازارهای داخلی انرژی را به نمایش می گذارد و نیز با ارائه جزئیات، تحلیل سیاستی را تسهیل و به نتایج اعتبار می بخشد. مدل در کل رفتار بازارهای

¹ National Energy Modeling System

² Office of Integrated Analysis and Forecasting, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Washington, DC

انرژی و فعل و انفعالشان را با سیستم اقتصادی امریکا نشان می‌دهد. مدل به یک تعادل عرضه و تقاضا در نواحی تقاضای مصرف نهایی می‌رسد که در ۹ بخش آماری تعیین گردیده است. مدل مرکب از چهار ماژول عرضه (نفت، گاز، توزیع و انتقال گاز طبیعی، زغال سنگ، سوخت‌های تجدیدپذیر و دو ماژول تبدیل (پالایشگاه‌های نفتی و برقی)؛ چهار ماژول تقاضای مصرف نهایی (مسکونی، تجاری، ترابری، صنعتی)؛ یک ماژول فعل و انفعالات اقتصاد / انرژی (فعالیت در سطح کلان) و یک ماژول بازارهای جهانی نفت (فعالیت بین‌المللی انرژی) است و یک ماژول مکانیزم رسیدن به یک تعادل کلی بازار را میان تمام ماژول‌های دیگر فراهم می‌کند.

مدل جامع مصرف نهایی آسیای اقیانوسیه "AIM"

برای پیش‌بینی انتشارات گاز گلخانه‌ایی و معیارهای ارزیابی سیاست کاهش آن طراحی شده است. دو سناریوی اقتصادی - اجتماعی در مدل فرض میشوند و انتشارات CO₂ بر اساس این سناریوها و مداخلات سیاسی دولت پیش‌بینی می‌شوند. مدل انتشار و جذب گازهای گلخانه‌ایی در ناحیه آسیای اقیانوسیه را تخمین می‌زند و اثراتی که آنها روی محیط زیست و طبیعت و اقتصاد و اجتماع دارند را قضاوت می‌کند.

سیستم مدل سازی جامع کانادایی (CIMS)

مدل یک سیستم تعادلی تقریباً کاملی است که تقاضا را براساس هزینه‌های عرضه انرژی و قیمت (ناشی از بازخوردهای تقاضا) و اثرات ثانوی (در سطح اقتصاد کلان) و تجارت انرژی را هماهنگ می‌کند. "CIMS" روی جریان‌های انرژی به واسطه تکنولوژی‌های ساخته شده تمرکز می‌کند اینها نمونه مطلوبی برای مدل‌سازی سیاست‌هایی که روی کارایی انرژی، انتشار گاز گلخانه‌ایی، و کیفیت هوا اثر می‌کنند، می‌باشند (نیکولاس کارنت^۱، ۲۰۰۲).

¹ Nicolas Carnet (2002)

مدیریت جامع انرژی

ماژول یا سناریوی اقتصاد کلان و ماژول تقاضا با طراحی مصرف کشور و توسعه زیربنای شهری می‌توانند مرتبط شوند که در این حالت ماژول مدیریت جامع انرژی به دست می‌آید. این ماژول فروض سیاست درباره برنامه‌ریزی مصرف و منطقه‌بندی کردن ترابری و انرژی و رشد زیربنای دیگر کشور و طرح نیازمندیهای محل را بهم مرتبط می‌کند که بدینوسیله سطوح تقاضای خدمات انرژی را که در ماژول تقاضا استفاده می‌شود را تخمین می‌کند.

عرضه انرژی

سمت چپ نمودار ماژول عرضه انرژی است. شامل هر دو بازار عرضه انرژی و فرآیندهای بزرگ تبدیل انرژی است. در مدل بازارهای عرضه انرژی (زغال، نفت، گاز طبیعی و منابع تجدیدپذیر) براساس تخمین‌های بازارهای جهانی و منابع کانادایی‌ها مدل‌سازی می‌شوند. البته اتصال به بازارهای آمریکا، اختیاری است. در مدل، برای هر دوی تولید برق و تولید کالای تصفیه شده نفتی، مدل‌سازی یک نسخه از مدل تقاضا استفاده می‌گردد. هر چند در اضافه به مدل، کاربر اختیارات دیگری برای مدل‌سازی جنبه عرضه دارد. JERG/MK نیز جزئیات یک مدل برنامه‌ای از عرضه برق، را دارد این مدل یک ابزار سیاسی مناسب است که راه حل حداقل کردن هزینه برای تولید را بدون دقت کامل با یک مدل برنامه‌ریزی خطی پیدا می‌کند و نیز جزئیات یک تخمین کوتاه مدت را درباره کارایی تصمیم‌ها تهیه می‌بیند مدل‌های برق و تصفیه کننده نفت خام با مدل‌های مار کال می‌توانند برای این دو فعالیت تبدیل انرژی جایگزین بشوند (نیکولاس کارنت ، ۲۰۰۲).

فصل سوم

روش تحقیق

بخش انرژی از طریق قیمت‌های انرژی، مصرف انرژی و سرمایه‌گذاری انرژی بر کل اقتصاد اثرگذار است (گرو. تی^۱، ۲۰۱۴). در مدل حاضر تمرکز اصلی بر روی بخش انرژی و سرمایه‌گذاری خواهد بود و هدف بررسی اثرات تعدیل قیمت حامل‌های انرژی، وضع مالیاتها، تعرفه‌ها و یارانه‌های مختلف به-عنوان عوامل تاثیرگذار بر مدیریت سرمایه‌گذاری در بخش انرژی است.

باتوجه به الگوی کلان اقتصادسنجی نوفرستی و عرب‌مازاد مجموعه معادلات یک مدل اقتصادسنجی کلان با توجه به مبانی نظری اقتصادی و ویژگی‌های خاص اقتصاد ایران در هفت بخش: تولید، مخارج مصرفی، مخارج سرمایه‌گذاری، درآمدهای دولت، تجارت خارجی، پول و قیمت‌ها به شرح زیر تدوین شده است، در مجموع الگو دارای ۵۶ معادله ساختاری است که از این میان ۲۷ معادله رفتاری و بقیه تعریفی و اتحادی هستند. الگو دارای ۵۶ متغیر درون‌زا، ۱۶ متغیر برون‌زا و ۱۰ متغیر مجازی است (نوفرستی و عرب‌مازاد، ۱۳۷۵). در مدل سیستم دینامیک موردنظر در پژوهش حاضر، بخش‌های مهم مدل عبارتند از:

- بخش تولید، شامل تولید ناخالص داخلی.
- بخش مصرف، شامل مصرف خصوصی و دولتی.
- بخش سرمایه‌گذاری، شامل سرمایه‌گذاری کل و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی بخش خصوصی.
- بخش انرژی، شامل مصرف فرآورده‌های عمده نفتی، مصرف گاز و مصرف برق در سه زیر بخش خانگی - تجاری، صنعتی و کشاورزی در بخش خصوصی

در این قسمت به خواننده گرامی توصیه می‌شود به لوح فشرده ضمیمه این پایان نامه مراجعه فرموده و با نصب نرم افزار Vensim در رایانه شخصی خود مدل کلان انرژی طراحی شده را اجرا نموده و با این فصل و فصل بعد پیش آید.

¹ Grau, T.; 2014

۳-۲ نوع پژوهش

براساس هدف، تحقیقات علمی را می‌توان به سه گروه بنیادی، کاربردی و علمی تقسیم کرد.

۳-۲-۱ تحقیقات بنیادی

این تحقیقات که گاه تحقیقات مبنایی یا پایه‌ای خوانده می‌شود، در جستجوی کشف حقایق و واقعیت‌ها و شناخت پدیده‌ها و اشیاء بوده، که مرزهای دانش عمومی بشر را توسعه می‌دهند و قوانین علمی را کشف نموده، به تبیین ویژگی‌ها و صفات یک واقعیت می‌پردازند (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۲-۲ تحقیقات کاربردی

این تحقیقات با استفاده از معلوماتی که از طریق تحقیقات بنیادی فراهم شده، برای رفع نیازمندی‌های بشر و بهبود و بهینه‌سازی ابزارها، اشیاء و الگوها در جهت توسعه رفاه و ارتقای سطح زندگی انسان مورد استفاده قرار می‌گیرند (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۲-۳ تحقیقات عملی

این تحقیقات را باید تحقیقات حل مسئله یا حل مشکل نامید و آنها را نوعی تحقیق کاربردی محسوب کرد؛ زیرا نتایج آن مستقیماً برای حل مسئله خاص بکار گرفته می‌شود. این تحقیقات داده‌های تحقیقات بنیادی تکیه دارند؛ زیرا از معلومات آنها استفاده می‌شود. بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها پژوهش‌ها به دو دسته توصیفی و آزمایشی تقسیم می‌شوند (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۲-۴ تحقیق توصیفی

در تحقیقات توصیفی محقق به دنبال چگونه بودن موضوع است که شامل جمع‌آوری اطلاعات برای آزمون فرضیه یا پاسخ به سؤالات مربوط به وضعیت فعلی موضوع مورد مطالعه می‌شود (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۲-۵ تحقیق پیمایشی

تحقیق پیمایشی به عنوان شاخه‌ای از تحقیقات توصیفی، یک روش جمع‌آوری داده‌هاست که در آن از یک گروه خاصی از افراد خواسته می‌شود تا به تعدادی سؤال خاص پاسخ دهند (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۰).

۳-۳ روش گردآوری داده‌ها

یکی از اصلی‌ترین بخش‌های هر کار پژوهشی جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد. چنانچه این کار به شکل منظم و صحیح صورت پذیرد کار تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری از داده‌ها با سرعت و دقت خوبی انجام خواهد شد. در این تحقیق با توجه به هدف و سوالات مطرح‌شده از روش مطالعات کتابخانه‌ای برای جمع‌آوری سابقه کارهای انجام شده در این موضوع و بررسی مدل‌های کلان و بخش انرژی در کتابخانه‌های دانشگاهی و سازمان‌های دولتی مربوط به انرژی استفاده شده است، سپس به طراحی برنامه پویا برای بخش انرژی و تعریف سناریوهای مختلف در تعدیل قیمت حامل‌های انرژی در ارتباط با اقتصاد کلان و بخش انرژی و تحلیل حساسیت متغیرهای تعیین شده در مدل پرداخته شده است.

منابع و داده‌های موردنیاز در انجام این پژوهش، ترازنامه‌های انرژی سال‌های ۱۳۳۸ تا ۱۳۹۰ بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سازمان بورس و اوراق بهادار و شرکت بورس کالای ایران، آمار بازرگانی خارجی کشور، خزانه‌داری کل و وزارت امور اقتصاد و دارایی و قانون بودجه، مرکز آمار ایران و وزارت نیرو جهت تخمین پارامترهای مدل استفاده شده است، و برای تحلیل و انجام شبیه‌سازی این داده‌ها به صورت پویا و با رویکرد سیستم دینامیک از نرم‌افزار شبیه‌سازی VENSIM استفاده شده است. با استفاده از اینترنت، کارهای انجام‌شده در نقاط مختلف دنیا - بخش‌های مختلف پژوهشی در وزارتخانه‌های مرتبط و پایان‌نامه‌های دانشگاه‌های مختلف کشور جهت بررسی مدل‌های مختلف کلان اقتصاد و کلان انرژی در اقتصاد ایران مورد بررسی قرار گرفتند. معادلات رفتاری تنظیم‌شده، با استفاده از داده‌های سری زمانی سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۹۱ به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۳ به روش OLS برآورد

شده است. واحد تمامی ارقام به میلیارد ریال است (به استثنای ضرائب سرمایه‌گذاری که میلیون بشکه معادل نفت خام است و جمعیت که به میلیون نفر و مصرف گاز بر حسب مترمکعب (M^3)) و الکتریسیته ((KW/HRS)).

۳-۴ ویژگی‌های ساختار مدل

در مدل ارتباط بین بخش انرژی و بخش سرمایه‌گذاری در اقتصاد به طور دقیق تعریف شده است به طوری که آثار اقتصادی تحولات بخش انرژی در متغیرهایی چون درآمدهای نفتی، سرمایه‌گذاری در بخش انرژی شامل سرمایه‌گذاری در بخش نفت، سرمایه‌گذاری در بخش گاز و سرمایه‌گذاری در بخش برق، قیمت‌های داخلی انرژی شامل قیمت‌های برق در زیر بخش‌های خانگی - تجاری و صنعتی و کشاورزی، گاز و فرآورده‌های نفتی، مصرف داخلی انرژی شامل مصرف برق، گاز و فرآورده‌های نفتی قابل ارزیابی است. ساختار مدل جنبه تقاضای اقتصاد را در حالت تعادلی توضیح می‌دهد. در طرف تقاضا، اجزای هزینه ناخالص داخلی چون مخارج سرمایه‌گذاری، مخارج مصرفی بخش خصوصی و بخش دولتی مورد برآورد قرار گرفته است. در این پژوهش همانگونه که در بالا ذکر شد آمار و ارقام و داده‌های مربوط به ترازنامه‌های انرژی مورد استفاده قرار گرفته است و بخش‌های مهم مدل در پژوهش عبارتند از: بخش تولید، شامل تولید ناخالص داخلی، بخش مصرف، شامل مصرف خصوصی و دولتی، بخش سرمایه‌گذاری، شامل سرمایه‌گذاری کل و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی بخش خصوصی، بخش انرژی، شامل مصرف فرآورده‌های عمده نفتی، مصرف گاز و مصرف برق در سه زیر بخش خانگی - تجاری، صنعتی و کشاورزی در بخش خصوصی.

۳-۴-۱ تعریف نمادهای استفاده شده در مدل

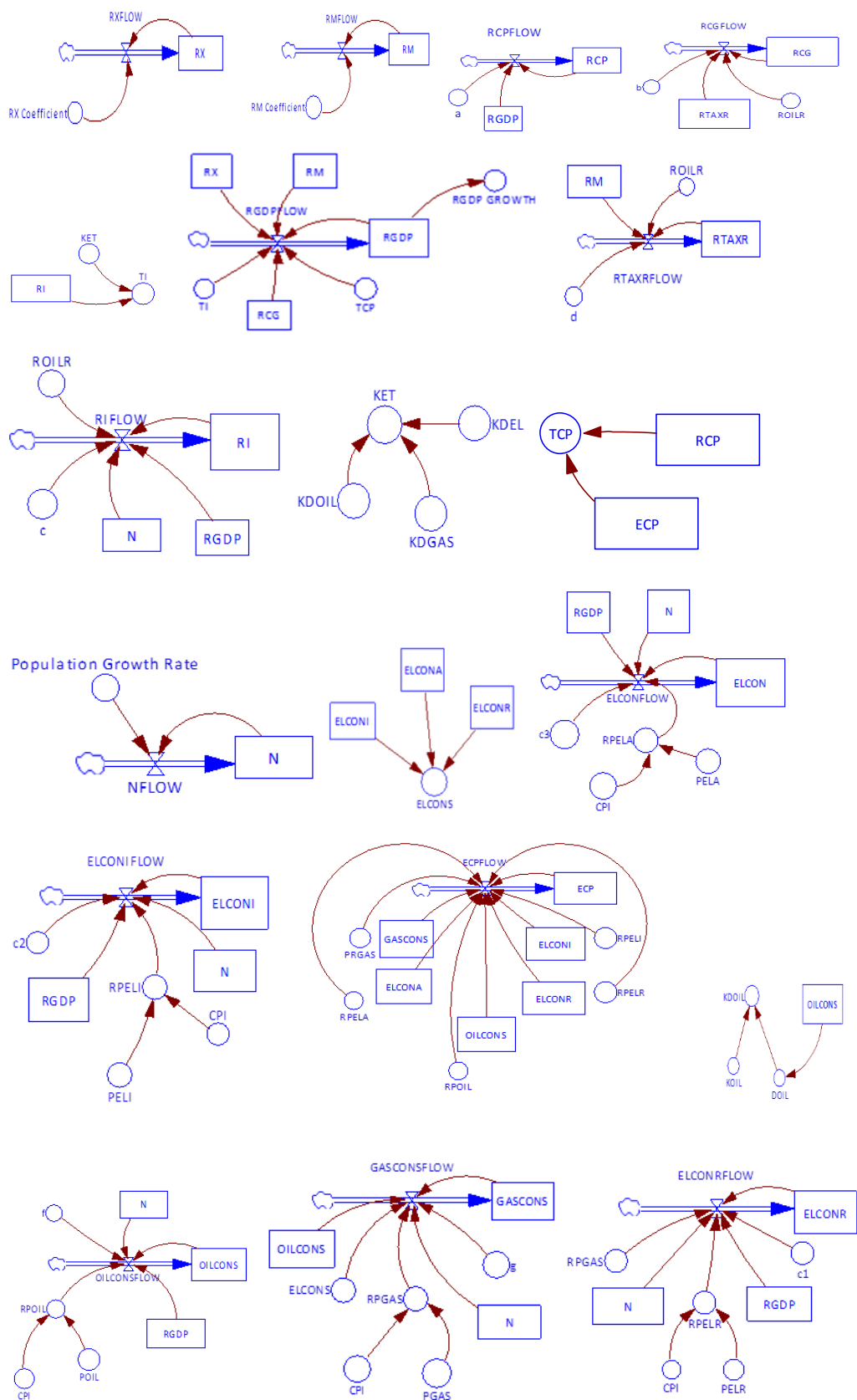
- تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
 - رشد سالیانه تولید ناخالص داخلی نسبت به سال ۱۳۸۳
 - جمعیت
- RGDP
GROWTH
N

- CPI شاخص قیمت خرده‌فروشی در مناطق شهری (سال ۱۳۸۳=۱۰۰)
- RCG مصرف بخش دولتی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- ECP مصرف انرژی بخش خصوصی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- RCP مصرف بخش خصوصی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- TCP کل مصرف بخش خصوصی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- ROILR درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز به قیمت ثابت ۱۳۸۳
- TAX کل مالیات به قیمت جاری
- RTAXR کل مالیات به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- RX کل صادرات به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- RM کل واردات به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- RI کل سرمایه‌گذاری بجز انرژی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
- KET کل سرمایه‌گذاری انرژی
- KDEL سرمایه لازم برای افزایش ظرفیت تولید برق مورد نیاز
- KD GAS سرمایه لازم برای افزایش ظرفیت تولید گاز مورد نیاز
- KDOIL سرمایه لازم برای افزایش ظرفیت تولید نفت مورد نیاز
- ELCONS کل مصرف داخلی برق
- ELCONSR مصرف برق در بخش خانگی - تجاری
- ELCONSI مصرف برق در بخش صنعت
- ELCONSA مصرف برق در بخش کشاورزی
- GASCONS کل مصرف داخلی گاز
- OILCONS کل مصرف داخلی نفت (مصرف فرآورده‌های نفتی)
- DEL مصرف اضافه شده برق در هر دوره محاسباتی بر حسب میلیون بشکه نفت خام
- DGAS مصرف اضافه شده گاز در هر دوره محاسباتی بر حسب میلیون بشکه نفت خام
- DOIL مصرف اضافه شده نفت در هر دوره محاسباتی بر حسب میلیون بشکه نفت خام

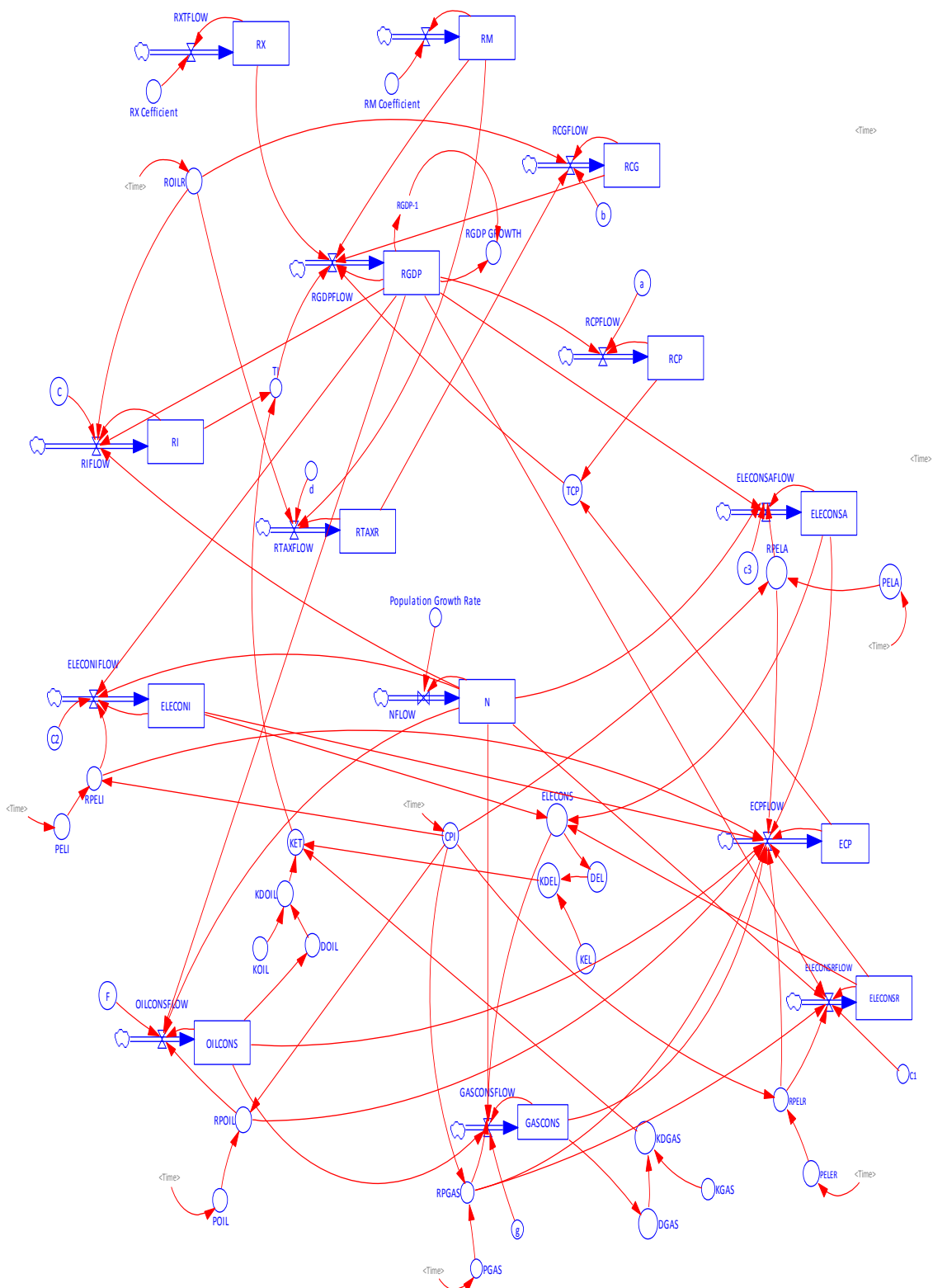
- قیمت اسمی گاز (متوسط قیمت فروش برای هر متر مکعب گاز طبیعی) (قیمت مصرف خانگی)
PGAS
- قیمت داخلی گاز به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
RPGAS
- قیمت اسمی برق خانگی - تجاری (متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت)
PELR
- قیمت داخلی برق خانگی - تجاری به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
RPELR
- قیمت اسمی برق صنعتی (متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت)
PELI
- قیمت داخلی برق صنعتی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
RPELI
- قیمت اسمی برق کشاورزی (متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت)
PELA
- قیمت داخلی برق کشاورزی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
RPELA
- قیمت داخلی نفت (میانگین قیمت فرآورده‌های نفتی) به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳
RPOIL
- قیمت اسمی نفت (متوسط قیمت نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید و بنزین)
POIL
- ضریب سرمایه‌ای برای افزایش ظرفیت تولید برق به ازای یک میلیون بشکه معادل نفت خام در سال
 K_{EL}
- ضریب سرمایه‌ای برای افزایش ظرفیت تولید گاز به ازای یک میلیون بشکه معادل نفت خام در سال
 K_{GAS}
- ضریب سرمایه‌ای برای افزایش ظرفیت تولید نفت به ازای یک میلیون بشکه معادل نفت خام در سال
 K_{OIL}

۳-۵ تصریح روابط ساختاری و تخمین اولیه پارامترهای مدل

قبل از توضیح هر یک از بخش‌های مدل طراحی شده، ابتدا مدل بصورت بخش‌های مجزا در نمودار (۳-۱) نشان داده می‌شود، تا فهم روابط علی و معلولی مدل، آسان‌تر گردد. مدل کلان انرژی طراحی شده به صورت نمودارهای شماره (۳-۱) و (۳-۲) قابل مشاهده می‌باشد.



نمودار (۱-۳) بخش‌های مجزا شده در مدل طراحی شده



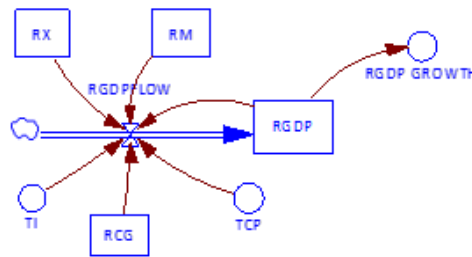
نمودار (۳-۲) بخش مدل و روابط علی و معلولی در مدل کلان انرژی طراحی شده

۳-۵-۱ بخش تقاضای کل

مخارج ناخالص داخلی که بیان‌گر تقاضا برای کالاها و خدمات است از مجموع مصرف خصوصی، مصرف دولت، سرمایه‌گذاری و خالص صادرات کالاها و خدمات بدست می‌آید. در تعیین تقاضای کل در مدل‌های کلان، روش معمول این است که معادلات رفتاری برای اجزای تقاضای فوق با استفاده از نظریه‌های اقتصاد کلان در مدل تصریح و از مجموع آن‌ها در قالب یک اتحاد حسابداری، هزینه ناخالص داخلی محاسبه می‌شود.

بنابراین در ادامه این بخش به توضیح مبانی نظری و معادلات رفتاری اجزای تقاضای کل پرداخته می‌شود. با توجه به رابطه حسابداری (۱) و نمودار (۳-۳) نحوه رابطه اجزای تقاضای کل را در الگو می‌توان مشاهده نمود. مقادیر استفاده شده بصورت واقعی هستند - حرف R قبل از هر متغیر نشانه مقادیر حقیقی است.

$$RGDP_t = TCP_t + RCG_t + TI_t + RX_t - RM_t \quad (1)$$



نمودار (۳-۳) بخش تقاضای کل در مدل

۳-۵-۱-۱ مخارج مصرفی بخش خصوصی

یکی از اجزای لاینفک و عمده‌ی مخارج ملی که درصد بالایی از تولید ناخالص ملی هر کشور را به خود اختصاص می‌دهد هزینه‌های مصرفی است.

در اکثر کشورها بخصوص کشورهای در حال توسعه توجه خاصی به شیوه کنترل سطح تقاضای کل جامعه و به تبع جزء جدایی ناپذیر آن یعنی هزینه‌های مصرفی معطوف شده است و سعی بر این است که با آگاهی یافتن نسبت به عوامل تعیین‌کننده مصرف، یا اثر تغییرات کمی در آن، راهبردهای

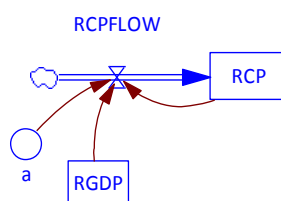
مناسبی در جهت تعدیل و تصحیح تقاضای جامعه در اختیار سیاست‌گذاران قرار گیرد. با توجه به ساختار خاص اقتصاد ایران و وجود دوگانگی نفتی که رفتار مصرفی دولت را از رفتار مصرفی بخش خصوصی متمایز می‌کند. در ایران نیز مصرف یکی از اجزای عمده مخارج ملی محسوب می‌شود. به این ترتیب مصرف خصوصی به عنوان مهم‌ترین جزء تقاضای کل توجه خاصی از نظر مبانی نظری و تبیین رفتار مصرفی خانوارها را ایجاب می‌کند. برای بررسی مخارج مصرفی، بین مخارج مصرفی بخش خصوصی و بخش دولتی به دلیل متفاوت بودن متغیرهای موثر بر آن‌ها تمیز قائل شده‌ایم.

این موضوع با بحث دوگانگی نفتی اقتصاد ایران سازگار است زیرا انتظار می‌رود درآمدهای نفتی نقش موثری در تعیین مخارج دولت داشته باشد و این درآمدها در مخارج بخش خصوصی نیز اثر مستقیم داشته باشد. به هر حال تابع مصرف تصویری ویژه از مراحل توسعه دانش در علم اقتصاد را ارائه می‌دهد که با مباحث کینز در سال ۱۹۳۶ آغاز می‌شود و برای مدت‌ها بعد رابطه بین درآمد و مخارج مصرفی یکی از کلیدی‌ترین عناصر در تحلیل‌های اقتصاد کلان به حساب آمده است.

در مدل تحقیق حاضر در خصوص تصریح تابع مصرف خصوصی از نظریات درآمد مطلق کینز و درآمد دائمی فریدمن استفاده شده است. به عبارتی دیگر از متغیرهای تولید ناخالص داخلی و مصرف خصوصی در دوره‌ی پیش، به عنوان متغیرهای توضیحی تابع مصرف خصوصی استفاده گردیده است. دلیل استفاده از تولید ناخالص داخلی به جای درآمد قابل تصرف نتیجه بهتر در هنگام شبیه‌سازی مدل بوده است. بدین ترتیب شکل کلی تابع مصرف خصوصی به صورت زیر ارائه گردیده است:

$$RCP_t = c_1 + c_2 RCP_{t-1} + c_3 RGDP_t \quad (2)$$

RCP مصرف خصوصی به قیمت ثابت و RGDP مقدار حقیقی تولید ناخالص داخلی است.



نمودار (۳-۴) اجزای تشکیل دهنده مصرف بخش خصوصی

با توجه به تخمین پارامترهای این معادله که در جدول (۳-۱) نشان داده شده است، مشاهده می‌گردد که ضرایب C_2 و C_3 مثبت هستند و بیان‌گر رابطه مستقیم مصرف با تولید ناخالص داخلی و مصرف دوره‌ی پیش است. همانطور که ملاحظه می‌شود مدل فرضیه درآمد کینز و فرضیه‌ی درآمد دائمی فریدمن را به طور تقریبی تصدیق می‌کند.

جدول (۳-۱) تخمین اولیه پارامترهای معادله مخارج مصرفی بخش خصوصی به روش OLS

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-632.9158	201.9424	-2.039238	0.0048
C(2)	0.713799	0.030095	14.45285	0.0246
C(3)	0.156425	0.045372	5.452245	0.0000
R-squared	0.990253	Mean dependent var		17185.21
Adjusted R-squared	0.989367	S.D. dependent var		11990.35
S.E. of regression	787.5017	Akaike info criterion		18.01798
Sum squared resid	2526476	Schwarz criterion		18.36425
Log likelihood	-284.7248	Hannan-Quinn criter.		23.05855
F-statistic	2919.581	Durbin-Watson stat		1.440479
Prob(F-statistic)	1.050000			

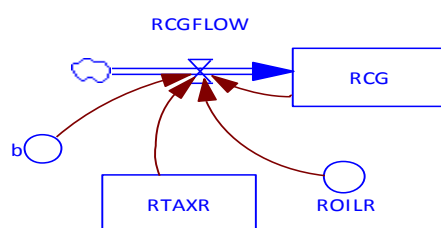
۳-۵-۱-۲ مخارج مصرفی بخش دولتی

قدر مسلم یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده‌ی مخارج مصرفی دولت، درآمدهای دولت است که دارای شکل‌های متفاوتی است. معمولاً بر اساس درآمدها، هزینه‌ها تعیین می‌شوند. برای تعیین اثر اجزا مختلف مخارج مصرفی دولت بر مصرف دو متغیر در الگو تعریف شده است که عبارتند از: درآمدهای حاصل از فروش نفت و گاز، درآمدهای مالیاتی (نوفروستی و عرب‌مازاد، ۱۳۷۵).

مخارج دولت به دلیل تعهدهای دولت در ارائه برخی از خدمات از ثبات قابل قبولی برخوردار است که این را با وارد کردن مقدار با وقفه مخارج دولت به عنوان متغیر توضیحی در الگو می‌توان منظور کرد. بدین ترتیب شکل کلی تابع مصرف دولتی بدین صورت ارائه گردیده است:

$$RCG_t = c_4 + c_5 RCG_{t-1} + c_6 ROILR_t + c_7 RTAX_t \quad (3)$$

که در آن ROILR درآمدهای نفت و گاز به قیمت ثابت و همچنین RTAX کل مالیات به قیمت ثابت است. با توجه به رابطه (۳) و نمودار (۳-۵) نحوه ارتباط اجزای مخارج مصرفی بخش دولتی را در مدل می‌توان مشاهده نمود. با توجه به تخمین پارامترهای این معادله که در جدول (۳-۲) نشان داده شده است، مشاهده می‌گردد که ضرایب c_5 الی c_7 مثبت هستند که بیان‌گر رابطه مستقیم مصرف بخش دولتی با مصرف دوره قبل آن، درآمدهای نفتی و مالیاتی است.



نمودار (۳-۵) اجزای تشکیل دهنده مصرف بخش دولتی

جدول (۳-۲) تخمین پارامترهای معادله مخارج مصرفی دولت به روش OLS

Dependent Variable: RCGT
Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
Date: 07/07/15 Time: 03:51
Sample (adjusted): 1367 1391
Included observations: 25 after adjustments
 $RCGT = C(4) + C(5) * RCGT_1 + C(6) * ROILRT + C(7) * RTAXT$

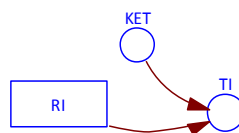
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(4)	-207.8120	157.7038	-1.700219	0.4915
C(5)	0.873244	0.326078	26.926194	0.0000
C(6)	0.114989	0.035677	3.065289	0.0515
C(7)	0.085278	0.056577	1.198589	0.0645
R-squared	0.917407	Mean dependent var		4086.417
Adjusted R-squared	0.905608	S.D. dependent var		26307.74
S.E. of regression	382.5380	Akaike info criterion		13.97846
Sum squared resid	6345171.	Schwarz criterion		13.17348
Log likelihood	-298.2307	Hannan-Quinn criter.		18.03255
F-statistic	477.7539	Durbin-Watson stat		2.063091
Prob(F-statistic)	0.000000			

۳-۵-۱-۳ کل سرمایه‌گذاری

یکی دیگر از اجزای هزینه ملی، سرمایه‌گذاری است. بی‌شک بدون رشد سرمایه‌گذاری، تولید و اشتغال در کشور نمی‌تواند به صورت پایدار رشد کند. محدودیت منابع و مسئله کم‌یابی یکی از عمده‌ترین مسائلی است که غالب کشورهای در حال توسعه با آن دست به‌گریبان هستند و اتخاذ تصمیم در مورد نحوه تخصیص منابع کم‌یاب بین کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای از جمله تصمیم‌گیری‌ها است که اثر مستقیم بر رشد و توسعه اقتصادی کشور دارد. جای تعجب نیست که در کشورهای در حال توسعه که اشتیاق و آفری به تامین رشد و توسعه اقتصادی دارند و در عین حال با محدودیت منابع بیشتری روبرو هستند، این اهمیت روزافزون‌تر است (نوفرستی و عرب‌مازاد، ۱۳۷۵).

به هر حال تصمیم برای سرمایه‌گذاری در یک نظام اقتصادی، موضوعی پیچیده است و مطالعات نظری و آماری نیز پیچیدگی آن را تایید می‌کند. با عنایت به اهمیت سرمایه‌گذاری در اقتصاد و تاثیر آن روی متغیرهای کلان اقتصادی از جمله تولید و اشتغال، جای تعجب نیست که سیاست‌گذاران اقتصادی علاقه فراوانی به تبیین رفتار سرمایه‌گذاری داشته باشند و به شناسایی عوامل موثر بر آن همت گمارند. سرمایه‌گذاری در مدل حاضر به دو بخش عمده سرمایه‌گذاری در بخش انرژی KET و سرمایه‌گذاری معمولی RI در اقتصاد تقسیم شده است.

$$TI_t = RI_t + KET_t \quad (4)$$

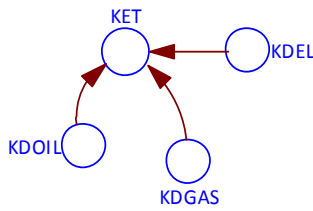


نمودار (۳-۶) کل سرمایه‌گذاری در اقتصاد

کل سرمایه‌گذاری لازم در بخش انرژی:

با استفاده از جمع زدن سرمایه‌های مورد نیاز برای تولید برق، گاز و نفت، کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز بخش انرژی در هر سال بدست می‌آید.

$$KE_t = \kappa \Delta ELCONS_t + \kappa \Delta GASCONS_t + \kappa \Delta OILCONS_t \quad (5)$$



نمودار (۷-۳) کل سرمایه‌گذاری بخش انرژی

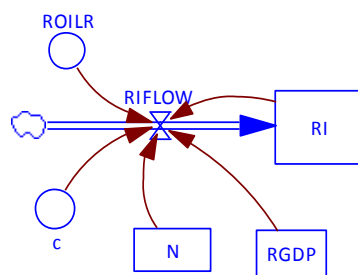
سرمایه‌گذاری در بخش‌های غیر انرژی

معادله سرمایه‌گذاری در بخش‌های غیر انرژی بدین صورت در نظر گرفته شده است:

$$RI_t = c_8 + c_9(RGDP_t/N_t) + c_{10}RI_{t-1} + c_{11}RI_{t-2} + c_{12}ROILR_{t-2} \quad (6)$$

که در آن RI سرمایه‌گذاری کل در بخش‌های غیر انرژی به قیمت ثابت، $RGDP$ تولید ناخالص ملی به قیمت ثابت، N جمعیت و $ROILR$ درآمدهای نفت و گاز به قیمت ثابت است.

با توجه به رابطه (۶) و نمودار (۸-۳) نحوه ارتباط اجزای مخارج کل سرمایه‌گذاری در بخش‌های غیر انرژی را در مدل می‌توان مشاهده نمود.



نمودار (۸-۳) رابطه اجزای مخارج سرمایه‌گذاری معمولی

با توجه به تخمین پارامترهای این معادله که در جدول (۳-۳) نشان داده شده است، مشاهده می‌گردد که ضرایب c_9 و c_{12} مثبت و ضرایب c_{10} و c_{11} منفی هستند که بیان‌گر رابطه مستقیم مخارج سرمایه‌گذاری معمولی با مخارج سرمایه‌گذاری یک دوره قبل آن و درآمد سرانه و رابطه عکس مخارج سرمایه‌گذاری معمولی با مخارج سرمایه‌گذاری دو دوره قبل و درآمدهای نفتی است.

جدول (۳-۳) تخمین پارامترهای معادله کل سرمایه‌گذاری به روش OLS

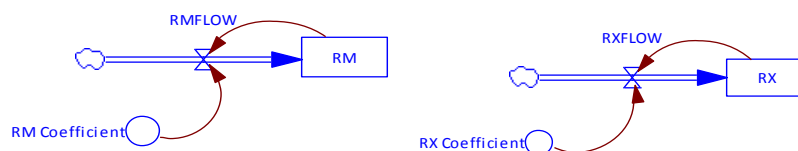
Dependent Variable: RIT
 Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
 Date: 07/03/15 Time: 17:52
 Sample (adjusted): 1367 1391
 Included observations: 25 after adjustments
 RIT=C(8)+C(9)*RIT_1+C(10)*RIT_2+C(11)*ROILRT+C(12)*_RGDPT_NT_

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(8)	-6007.425	964.6458	-3.644232	0.0016
C(9)	0.751172	0.192175	3.306573	0.0005
C(10)	-0.490226	0.195306	-2.510042	0.0008
C(11)	-0.741955	0.121887	-0.137940	0.0027
C(12)	31712.36	2701.217	3.624111	0.0017

R-squared	0.960934	Mean dependent var	9371.512
Adjusted R-squared	0.953121	S.D. dependent var	3837.125
S.E. of regression	905.8087	Akaike info criterion	15.67003
Sum squared resid	3800351.	Schwarz criterion	15.91380
Log likelihood	-315.8754	Hannan-Quinn criter.	25.73764
F-statistic	122.9896	Durbin-Watson stat	1.629835
Prob(F-statistic)	0.000000		

۳-۵-۱-۴ خالص صادرات و واردات

کالاهای تامین شده جهت صادرات و همچنین ارز مورد نیاز برای واردات به علت ساختار صادرات تک محصولی نفت در ایران کاملاً تحت تاثیر درآمدهای نفتی است. بنابراین برآورد توابعی برای خالص صادرات و واردات احتیاج به یک الگوی نسبتاً بزرگ و وابسته به درآمدهای نفتی دارد که از حوصله این تحقیق خارج است. برای از بین بردن این مشکل خالص صادرات و واردات را به عنوان متغیرهای برونزا در الگو وارد کرده‌ایم به این دلیل که قیمت و میزان تولید و خرید و فروش نفت بیشتر متاثر از عوامل درونزا است. نحوه استفاده از این دو بخش و نحوه رشد آنها در سال‌های مورد بررسی در نمودار (۳-۹) مشاهده می‌فرمایید.



نمودار (۳-۹) بخش‌های صادرات و واردات

۳-۵-۲ بخش درآمدهای دولت

تجربه عموم کشورها نشان می‌دهد که سهم دولت در تولید ناخالص ملی روندی صعودی ولی آرام داشته است. البته در مدل درآمدهای دولت به عنوان بخش مستقلی در نظر گرفته نشده، بلکه از آن به طور ضمنی در بخش مصرف دولتی استفاده شده است. درآمدهای بودجه عمومی دولت شامل ارقام متعدد با ماهیت‌های متفاوت است و در نظر گرفتن همگی آنها در مدل امکان‌پذیر نیست بنابراین با توجه به ساختار اقتصادی و ماهیت دوگانگی نفتی اقتصاد ایران، درآمدهای دولت را ناشی از دو متغیر درآمدهای نفتی و درآمدهای مالیاتی در نظر گرفته‌ایم.

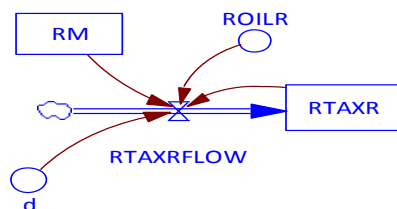
۳-۵-۲-۱ مالیات

با توجه به تاثیر درآمدهای نفتی بر مالیات، برای برآورد مالیات کشور از معادله زیر در مدل حاضر استفاده شده است:

$$RTAX_t = c_{13} + c_{14}RTAX_{t-1}/N_{t-1} + c_{15}RGDP_t + c_{16}RM + c_{17}ROILR_t \quad (7)$$

که در آن $RTAX$ کل مالیات به قیمت ثابت، $RGDP$ تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت، RM کل واردات کالاها و خدمات به قیمت ثابت، $ROILR$ درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز به قیمت ثابت است. لازم به ذکر است که منظور از مالیات، مالیاتی است که در قوانین بودجه سالانه کشور به ثبت رسیده است.

با توجه به رابطه (۷) و نمودار (۳-۱۰) نحوه ارتباط اجزای درآمدهای مالیاتی دولت را در مدل می‌توان مشاهده نمود.



نمودار (۳-۱۰) درآمدهای مالیاتی دولت

با توجه به تخمین اولیه پارامترهای این معادله که در جدول (۳-۴) نشان داده شده است، مشاهده می‌گردد که ضرایب C_{14} و C_{15} مثبت هستند که بیانگر رابطه مستقیم درآمدهای مالیاتی دولت با درآمدهای مالیاتی سرانه دوره قبل آن و تولید ناخالص ملی است. و پارامترهای C_{16} و C_{17} منفی هستند که نشان‌دهنده این نکته است که درآمدهای مالیاتی با خالص واردات و خالص درآمدهای نفتی رابطه عکس دارد.

جدول (۳-۴) تخمین پارامترهای معادله درآمدهای مالیاتی به روش OLS

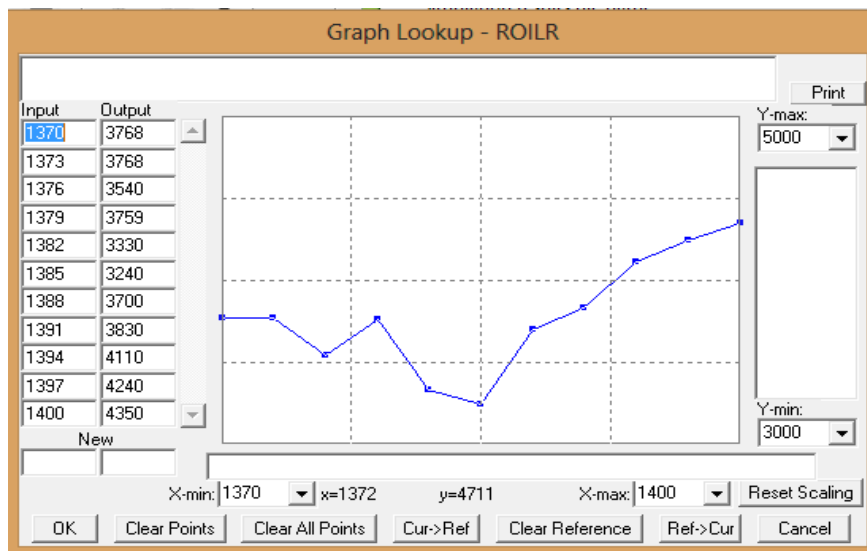
Dependent Variable: RTAXT
 Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
 Date: 07/03/15 Time: 18:22
 Sample (adjusted): 1367 1390
 Included observations: 24 after adjustments
 RTAXT=C(13)+C(14)*RTAXT_1_NT_1_+C(15)*RGDPT+C(16)*RMT+C(17)*ROILRT

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(13)	-1107.912	284.1232	-4.248311	0.0006
C(14)	27743.47	5244.994	6.098130	0.0000
C(15)	0.050420	0.005922	10.60149	0.0003
C(16)	-0.025520	0.037049	-0.692766	0.3929
C(17)	-0.012542	0.047362	-0.282447	0.7872
R-squared	0.974847	Mean dependent var		2590.511
Adjusted R-squared	0.869552	S.D. dependent var		1099.558
S.E. of regression	588.1240	Akaike info criterion		14.74505
Sum squared resid	1099055.	Schwarz criterion		14.99048
Log likelihood	-267.9406	Hannan-Quinn criter.		22.81016
F-statistic	94.09512	Durbin-Watson stat		0.769414
Prob(F-statistic)	0.000000			

۳-۵-۲-۲ درآمدهای نفتی

درآمدهای نفتی تحت تاثیر شرایط جهانی قیمت نفت و نرخ برابری دلار با دیگر ارزها و همچنین تصمیمات اوپک در زمینه‌های سهمیه‌بندی اعضا و همچنین مصرف فرآورده‌های داخلی و میزان تولید نفت قرار دارد. بنابراین برآورد تابعی برای درآمدهای نفتی احتیاج به یک الگوی نسبتاً بزرگ و پیچیده دارد که از حوصله این تحقیق خارج است. از این رو درآمدهای نفت و گاز بصورت برون‌زا در مدل در نظر گرفته شده است. در نمودار (۳-۱۱) نحوه بیان درآمدهای نفتی برای مدل را مشاهده می‌کنید. در این روش چون درآمدهای نفتی از هیچ الگویی پیروی نمی‌کند، بصورت برون‌زا وارد مدل شده و بصورت تابعی از زمان بیان می‌شود. برای سال‌های آینده فرض می‌شود با توجه به روند صعودی قیمت

نفت خام درآمدهای نفتی روند صعودی داشته باشد. البته جهت تحلیل حساسیت این امکان وجود دارد تا در هر زمانی مقدار آن را برای هر بازه زمانی دلخواه تغییر داده و نتایج آن در مدل مشاهده شود.



نمودار (۳-۱۱) بیان درآمدهای حقیقی نفتی دولت بصورت تابعی از زمان

۳-۵-۳ بخش انرژی

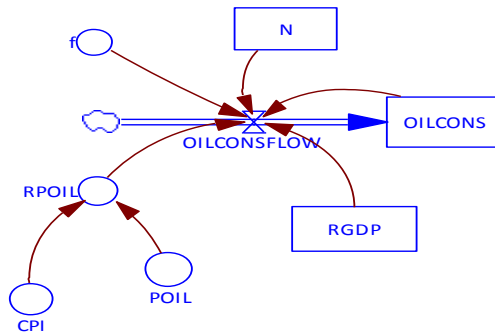
در مورد بخش انرژی جنبه تقاضای انرژی را مورد توجه قرار داده‌ایم و فرض اساسی این است که عرضه انرژی همواره بیش‌تر از تقاضای انرژی است. با توجه به این که در کشور ما اکثر حامل‌های انرژی جزء انرژی‌های تجاری هستند و انرژی‌های غیر تجاری سهم چندانی را در زمینه‌ی تامین انرژی در ایران به خود اختصاص نمی‌دهند از این رو در تحقیق حاضر معادلاتی را برای تقاضای اصلی انرژی در ایران یعنی فرآورده‌های نفتی، گاز و برق در نظر گرفته‌ایم.

۳-۵-۳-۱ تقاضای نفت

تقاضای نفت را به صورت تقاضا برای فرآورده‌های نفتی در نظر گرفته‌ایم. مطابق نظریات اقتصاددانان در مورد تقاضای هر کالا، تقاضای نفت نیز بستگی به قیمت دارد و طبعاً به نظر می‌رسد که به میزان تولید ناخالص داخلی و جمعیت نیز وابسته باشد. از این رو معادله‌ی ذیل برای برآورد تابع تقاضای نفت ارائه گردیده است:

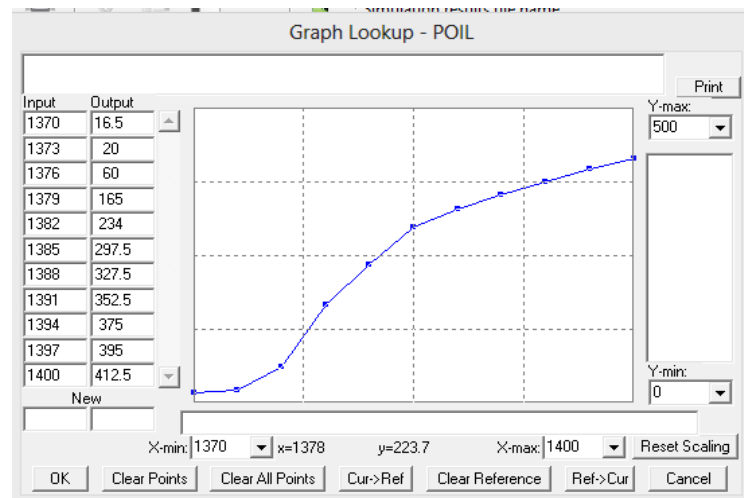
$$OILCONS_t = c_{36} + c_{37}OILCONS_{t-1} + c_{38}RGDP_t + c_{39}RPOIL_t + c_{40}N_t \quad (8)$$

OILCONS نشان‌دهنده مصرف فرآورده‌های نفتی و RGDP تولید ناخالص داخلی، RPOIL میانگین قیمت واقعی فرآورده‌های عمده‌ی نفتی شامل مصرف نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید و بنزین معمولی و N جمعیت کل کشور است.



نمودار (۱۲-۳) رابطه اجزای تشکیل‌دهنده تقاضای نفت

در نمودار (۱۳-۳) نحوه بیان قیمت نفت برای مدل را مشاهده می‌کنید. در این روش چون قیمت نفت از هیچ الگویی پیروی نمی‌کند و بصورت برون‌زا وارد مدل شده، بصورت تابعی از زمان بیان می‌شود. برای سال‌های آینده فرض می‌شود با توجه به روند صعودی قیمت نفت خام، روند صعودی داشته باشد. جهت تحلیل حساسیت این امکان وجود دارد تا در هر زمان مقدار آن را برای هر بازه زمانی دلخواه تغییر داده و نتایج آن در مدل مشاهده شود.



نمودار (۱۳-۳) بیان قیمت نفت بصورت تابعی از زمان

با توجه به تخمین پارامترهای این معادله، ضرایب C_{37} ، C_{38} و C_{40} مثبت هستند، بیانگر رابطه مستقیم تقاضای نفت با تقاضای دوره قبل، تولید ناخالص ملی و جمعیت است و C_{39} نشان می‌دهد که با قیمت نفت رابطه عکس دارد.

جدول (۳-۵) تخمین پارامترهای معادله تقاضای نفت به روش OLS

Dependent Variable: OILCONST
 Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
 Date: 07/03/15 Time: 18:28
 Sample (adjusted): 1368 1391
 Included observations: 24 after adjustments
 OILCONST=C(36)+C(37)*OILCONST_1+C(38)*RGDPT+C(39)*RPOILT
 +C(40)*NT

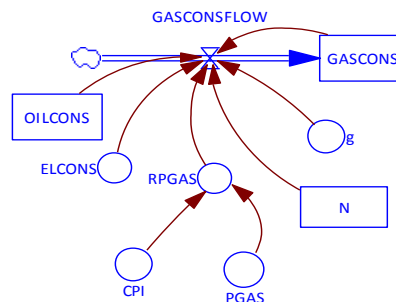
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(36)	-134.2121	24.15567	-6.116440	0.0004
C(37)	0.393412	0.172749	3.277595	0.0035
C(38)	0.018112	0.091211	4.788726	0.0000
C(39)	-1802.547	0.001944	-4.834452	0.0000
C(40)	0.004621	0.000827	4.920985	0.0005
R-squared	0.975423	Mean dependent var		256.2886
Adjusted R-squared	0.970249	S.D. dependent var		130.1819
S.E. of regression	9.545721	Akaike info criterion		6.906917
Sum squared resid	3089013.	Schwarz criterion		6.321500
Log likelihood	-179.8348	Hannan-Quinn criter.		6.113468
F-statistic	1868.511	Durbin-Watson stat		1.694821
Prob(F-statistic)	0.000000			

۳-۵-۲ تقاضای گاز

مصرف گاز در کشور شامل ۵ بخش عمده‌ی: پالایشگاه‌ها، عمومی، تجاری و خانگی، صنعتی و نیروگاه‌های تولید برق است. مصرف گاز نیز مانند کالاهای دیگر تحت تاثیر قیمت آن است. همچنین نفت و برق را می‌توان به عنوان کالاهای جانشین گاز در نظر گرفت. به دلیل این‌که تغییر سوخت نیروگاه‌های تولید برق از نفت‌کوره به گاز طبیعی می‌تواند باعث تاثیر مصرف نفت و برق بر روی مصرف گاز باشد. همچنین بخش عمده‌ای از مصرف گاز طبیعی به صورت مصرف خانگی و تجاری است که چندان به میزان تولید ناخالص داخلی ربطی ندارد بلکه بیشتر به میزان گسترش شبکه گاز-رسانی مربوط می‌شود. به لحاظ متعدد بودن مصارف مختلف گاز در این تحقیق، کل مصرف گاز را در نظر گرفته‌ایم. از این رو از معادله‌ی ذیل برای برآورد مصرف گاز طبیعی استفاده می‌کنیم:

$$GASCONS_t = c_{31} + c_{32}GASCONS_{t-1} + c_{33}OILCONS_t/N_t + c_{34}ELCONS_t + c_{35}RPGAS_t \quad (9)$$

GASCONS کل مصرف گاز، OILCONS مصرف فرآورده‌های نفتی، ELCONS کل مصرف برق و RPGAS متوسط قیمت گاز به قیمت ثابت (قیمت واقعی بخش خانگی) است. با توجه به رابطه (۹) و نمودار (۳-۱۴) نحوه ارتباط اجزای تقاضای گاز را در مدل می‌توان مشاهده نمود.



نمودار (۳-۱۴) رابطه اجزای تشکیل دهنده تقاضای گاز

در تخمین پارامترهای معادله (۹) ضرایب C_{32} و C_{35} مثبت هستند که بیان‌گر رابطه مستقیم تقاضای گاز با مصرف دوره قبل آن و تقاضای کلی برق است. همچنین منفی بودن پارامترهای C_{33} و C_{34} بیان‌گر رابطه عکس بین تقاضای گاز و مصرف سرانه نفت و قیمت گاز است. که نشان می‌دهد نفت و گاز در برخی از مصارفشان جانشین هم هستند و تقاضای گاز نیز با قیمت آن رابطه عکس دارد.

جدول (۳-۶) تخمین پارامترهای معادله تقاضای گاز به روش OLS

Dependent Variable: GASCONST
Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
Date: 07/03/15 Time: 19:28
Sample (adjusted): 1368 1391
Included observations: 24 after adjustments
 $GASCONST=C(31)+C(32)*GASCONST_1+C(33)*OILCONST_NT+C(34)*RPGAST+C(35)*ELCONST$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(31)	9.661341	7.040007	1.280404	0.2311
C(32)	0.734792	0.112530	7.186828	0.0076
C(33)	-5309.131	2651.198	-2.220624	0.0477
C(34)	-0.148436	0.155340	-0.894816	0.3413
C(35)	1.374664	0.490557	3.166157	0.0041
R-squared	0.997633	Mean dependent var		96.24392
Adjusted R-squared	0.997134	S.D. dependent var		95.12585
S.E. of regression	8.732548	Akaike info criterion		8.60227
Sum squared resid	2718.354	Schwarz criterion		8.84770
Log likelihood	-118.2273	Hannan-Quinn criter.		8.66739
F-statistic	1031.640	Durbin-Watson stat		2.447859
Prob(F-statistic)	0.000000			

۳-۵-۳ مصرف برق

مصرف برق در کشور شامل سه بخش عمده‌ی: خانگی - تجاری - عمومی (مسکونی)، صنعتی و کشاورزی است. همانند کالاهای دیگر، مصرف برق نیز تحت تاثیر قیمت آن قرار دارد. همچنین قیمت گاز هم به عنوان یک کالای جانشین و هم به عنوان یکی از عوامل تولید برق در کشور بر روی مصرف برق تاثیر دارد. درآمد نیز به عنوان عاملی مهم در میزان مصرف برق در تمامی بخش‌ها موثر است. مصرف برق مانند مصرف سایر حامل‌های انرژی از ثبات قابل قبولی برخوردار است که آن را با مصرف با وقفه یکسان در مدل وارد کرده‌ایم. بدین ترتیب تابع مصرف برق را در سه زیر بخش بصورت معادله‌های زیر در نظر می‌گیریم.

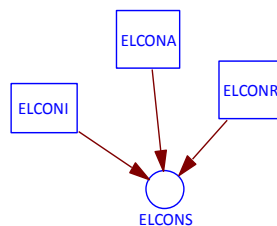
$$ELCONS_t = ELCONSR_t + ELCONSI_t + ELCONSA_t \quad (10)$$

$$ELCONSR_t = c_{18} + c_{19} * ELCONSR_{t-1} + c_{20} * RGDP/N + c_{21} * PGAS + c_{22} * PELR \quad (11)$$

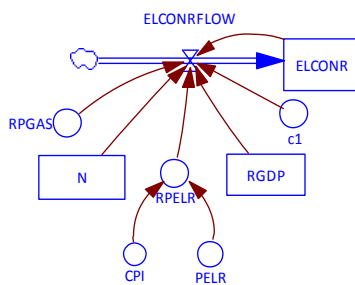
$$ELCONSI_t = c_{23} + c_{24} * ELCONSI_{t-1} + c_{25} * RGDP/N + c_{26} * PELI \quad (12)$$

$$ELCONSA_t = c_{27} + c_{28} * ELCONSA_{t-1} + c_{29} * RGDP/N + c_{30} * PELA \quad (13)$$

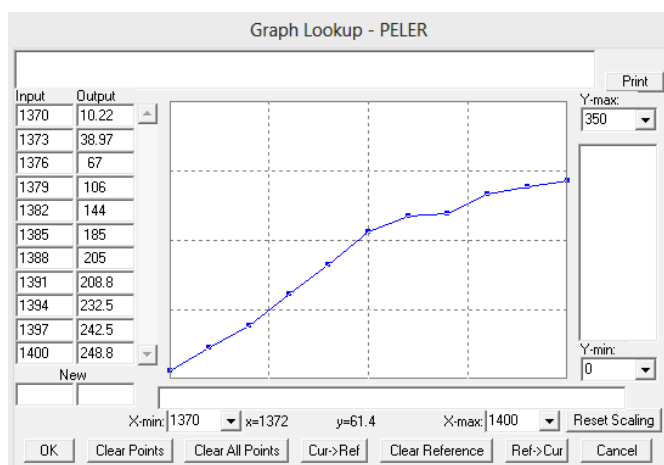
با توجه به رابطه‌های (۱۰) الی (۱۳) و نمودارهای (۳-۱۵) الی (۳-۲۱) نحوه ارتباط اجزای تقاضای برق را در مدل و نحوه بیان رفتار قیمت‌های بخش‌های کشاورزی، صنعت و مسکونی می‌توانید مشاهده کنید.



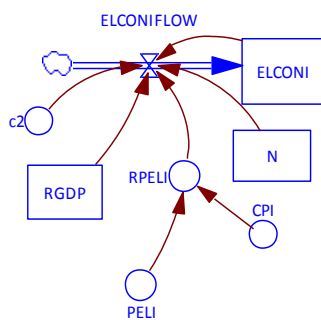
نمودار (۳-۱۵) مصرف کلی برق (مجموع مصرف سه بخش مسکونی، صنعتی و کشاورزی)



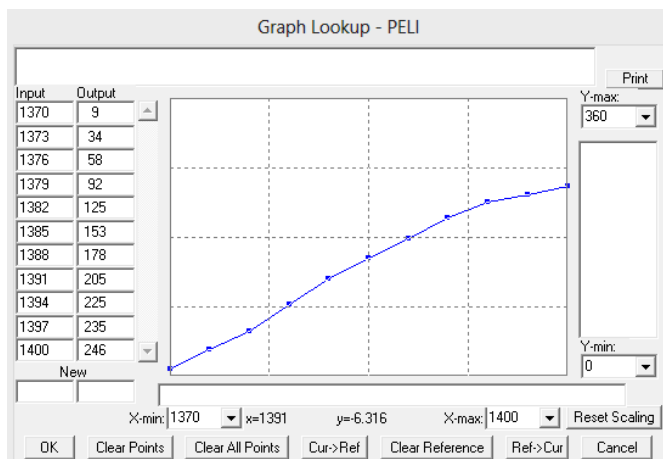
نمودار (۳-۱۶) تقاضای برق بخش مسکونی



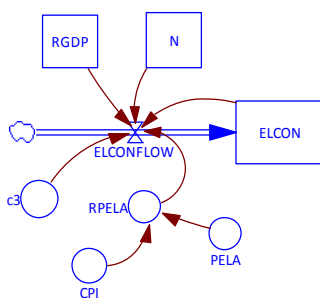
نمودار (۳-۱۷) بیان قیمت برق مسکونی بصورت تابعی از زمان



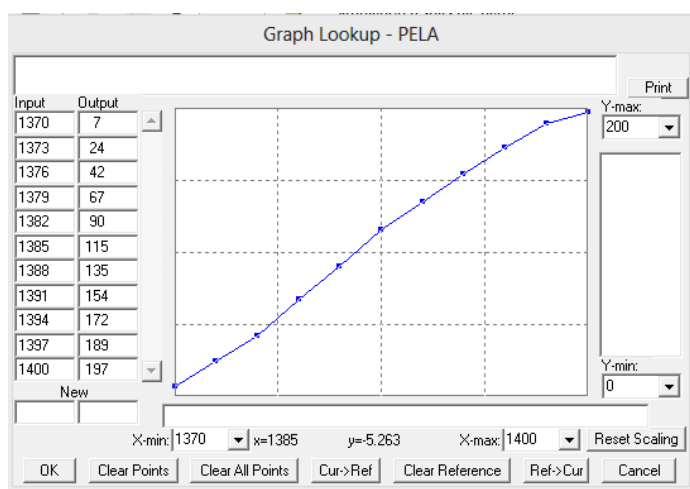
نمودار (۳-۱۸) تقاضای برق بخش صنعت



نمودار (۱۹-۳) بیان قیمت برق صنعتی بصورت تابعی از زمان



نمودار (۲۰-۳) تقاضای برق بخش کشاورزی



نمودار (۲۱-۳) بیان قیمت برق کشاورزی بصورت تابعی از زمان

تخمین پارامترهای معادله‌های تقاضای برق در بخش‌های سه‌گانه مسکونی، صنعت و کشاورزی در زیر نشان داده شده است. در جدول (۷-۳) ضرایب c_{19} و c_{21} مثبت هستند که بیانگر رابطه مستقیم تقاضای برق بخش مسکونی با مصرف دوره قبل آن و قیمت گاز است. که خود بیانگر جانشین بودن گاز و برق در برخی از مصرف‌های بخش مسکونی یعنی خانگی، تجاری و عمومی است. همچنین منفی بودن پارامترهای c_{20} و c_{22} بیانگر رابطه عکس بین تقاضای برق در بخش مسکونی و درآمد سرانه و نیز با قیمت آن است.

جدول (۷-۳) تخمین پارامترهای تقاضای برق بخش مسکونی به روش OLS

Dependent Variable: ELCONSRT
Method: Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)
Date: 07/03/15 Time: 19:50
Sample (adjusted): 1368 1391
Included observations: 24 after adjustments
ELCONSRT=C(18)+C(19)*ELCONSRT_1+C(20)*_RGDPT_NT_+C(21)*PGAS+C(22)*PELR

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(18)	0.299866	0.695423	0.392459	0.6991
C(19)	1.050530	0.207671	47.08612	0.0001
C(20)	-16.11115	0.842596	-0.126357	0.7853
C(21)	0.011090	0.014322	0.326061	0.7005
C(22)	-0.010068	0.030931	-0.693789	0.5646
R-squared	0.985788	Mean dependent var		15.98355
Adjusted R-squared	0.982796	S.D. dependent var		12.00099
S.E. of regression	0.565698	Akaike info criterion		1.817412
Sum squared resid	10.61208	Schwarz criterion		1.921955
Log likelihood	-22.62894	Hannan-Quinn criter.		1.903923
F-statistic	3999.483	Durbin-Watson stat		2.061161
Prob(F-statistic)	0.000000			

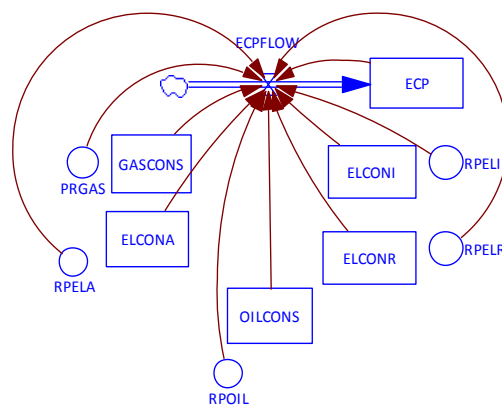
با ارجاع به مدل کلان انرژی ترابی (ترابی، ۱۳۸۷) پارامتر $c_{24}(۱.۰۷۱۰۳۷)$ مثبت است که بیانگر رابطه مستقیم تقاضای برق بخش صنعت با مصرف دوره قبل آن است. همچنین منفی بودن پارامترهای $c_{25}(-۰.۰۰۸۳۶)$ و $c_{26}(-۰.۰۰۵۵۶۱)$ بیانگر رابطه عکس بین تقاضای برق پارامتر $c_{28}(۱.۰۷۱۲۵)$ مثبت است که بیانگر رابطه مستقیم تقاضای برق بخش کشاورزی با مصرف دوره قبل آن است. همچنین منفی بودن پارامترهای $c_{29}(-۰.۰۰۱۶۵۵)$ و $c_{30}(-۰.۰۰۱۵۷۳)$ بیانگر رابطه عکس بین تقاضای برق در بخش کشاورزی و درآمد سرانه و نیز با قیمت آن است. عکس بین تقاضای برق در

بخش کشاورزی و درآمد سرانه و نیز با قیمت آن است. بخش صنعت و درآمد سرانه و نیز با قیمت آن است.

۳-۵-۳ کل مصرف انرژی

در قسمت کل مصارف انرژی، نفت، گاز و برق را بصورت ریالی با هم جمع می‌زنیم تا بتوانیم در تولید ناخالص ملی با سایر مقادیر محاسبه کنیم.

$$EC = ELCONA * RPELA + ELCONI * RPELI + ELCONR * RPELR + GASCONS * RPGAS + OILCONS * RPOIL \quad (14)$$



نمودار (۳-۲۲) کل مصرف انرژی

۳-۵-۳ بخش سرمایه‌گذاری انرژی

با در اختیار داشتن مقدار تقاضای آینده برای حامل‌های مختلف انرژی که از پیش‌بینی با مدل حاضر بدست می‌آید می‌توان سرمایه‌گذاری برای هر یک از بخش‌های تولید انرژی و در نهایت سرمایه‌گذاری کل انرژی برای تامین انرژی اضافی مورد نیاز را بدست آورد.

۳-۵-۳-۱ سرمایه‌گذاری برای نفت

در بخش نفت ابتدا مقدار تقاضای سالانه اضافه شده برای فرآورده‌های نفت از طریق اتحاد زیر بدست می‌آید:

$$\Delta OILCONS_t = OILCONS_t - OILCONS_{t-1} \quad (15)$$

که در آن $\Delta OILCONS_t$ میزان مصرف اضافه شده فرآورده‌های نفتی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام در سال t و $OILCONS$ مقدار مصرف سالانه فرآورده‌های نفتی بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام است. سپس از طریق اتحاد زیر، سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای افزایش ظرفیت تولید نفت خام بدست می‌آید:

$$K\Delta OILCONS_t = K_{OIL} \cdot \Delta OILCONS_t \quad (16)$$

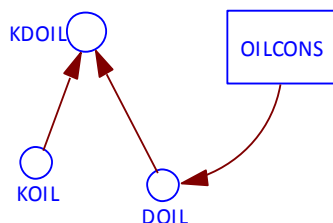
که در آن $K\Delta OILCONS_t$ سرمایه‌گذاری دلاری جهت تامین فرآورده‌های نفتی مورد نیاز اضافه شده در سال t و K_{OIL} ضریب سرمایه‌ای افزایش ظرفیت تولید یک میلیون بشکه معادل نفت خام، بر حسب دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام است. لازم به ذکر است که در اینجا هزینه‌های مربوط به استهلاک و هزینه‌های نقل و انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی دیده نشده است. لازم به ذکر است که شدت انرژی یعنی مصرف انرژی بر حسب تن معادل نفت خام به ازاء ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص ملی. برای یافتن K_{OIL} فرمولی کامل یافت نشد. از این رو جهت بدست آوردن این ضریب بدین شیوه عمل شده است که ابتدا سرمایه‌گذاری لازم را برای افزایش تولید نفت خام بدست می‌آوریم (ترابی، ۱۳۸۷)؛ به نقل از دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو، هزینه‌های افزایش تولید هر تن معادل نفت خام در مناطق دریایی ۹۸/۵ دلار و در مناطق خشکی ۲۶/۴ دلار است. بنابر این میانگین وزنی هزینه افزایش ظرفیت تولید نفت خام برابر است با:

$$(0.089 \cdot 98.5 + 0.911 \cdot 26.4) = 32.8169 \quad (\text{دلار بر تن معادل نفت خام}) \quad (\text{ترابی، ۱۳۸۷})$$

و چون هر تن معادل نفت خام برابر ۷/۳۱۵ بشکه معادل نفت خام است، بنابر این هزینه ایجاد ظرفیت هر بشکه نفت خام برابر است با ۴/۴۸۶۳ دلار. به نقل از دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو هزینه‌ی ایجاد ظرفیت فرآوری متوسط هر بشکه نفت خام ۱۱۰۰۰ دلار در روز است و همچنین با توجه به مقدار مصرف فرآورده‌های مختلف نفتی در سال‌های اخیر معلوم می‌شود که افزایش مصرف فرآورده‌های نفتی به دلیل افزایش در مصرف بنزین بوده است و دیگر فرآورده‌ها یا مصرف آنها کم شده است و یا این که تغییر محسوسی نکرده‌اند. بنابراین افزایش مصرف را با افزایش مصرف بنزین یکی در نظر می‌گیریم.

از طرف دیگر برای تولید یک بشکه بنزین تقریباً پنج بشکه نفت خام بایستی فرآوری شود و همچنین هر بشکه معادل نفت خام، تقریباً برابر یک بشکه فرآورده است. بنابر این:

$$K_{OIL}=173115500 \text{ (تراپی، ۱۳۸۷)} \text{ (دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام)}$$



نمودار (۳-۲۳) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش نفت

۳-۵-۳-۵ سرمایه‌گذاری برای گاز

در بخش گاز نخست مقدار تقاضای سالانه اضافه شده را از طریق اتحاد زیر بدست می‌آید:

$$\Delta GASCONS_t = GASCONS_t - GASCONS_{t-1} \quad (17)$$

که در آن $\Delta GASCONS_t$ میزان مصرف اضافه شده گاز بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام در سال t و $GASCONS_t$ مقدار مصرف سالانه گاز بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام است. سپس از طریق اتحاد زیر، سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای افزایش ظرفیت تولید گاز بدست می‌آید (تراپی، ۱۳۸۷):

$$K \Delta GASCONS_t = K_{GAS} \cdot \Delta GASCONS_t \quad (18)$$

که در آن $K \Delta GASCONS_t$ سرمایه‌گذاری دلاری جهت ایجاد ظرفیت تولید اضافی گاز در سال t و K_{GAS} ضریب سرمایه‌ای افزایش ظرفیت تولید یک میلیون بشکه معادل نفت خام گاز طبیعی، بر حسب دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام است.

در اینجا هزینه‌های مربوط به استهلاک و هزینه‌های نقل و انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی دیده نشده است.

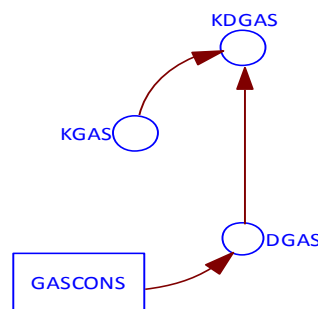
جهت بدست آوردن K_{GAS} بدین ترتیب عمل شده است (تراپی، ۱۳۸۷):

تا پایان سال ۱۳۸۱ سهم گاز تولیدی در مناطق خشکی ۸۳/۳۳ درصد و در مناطق دریایی ۱۶/۶۷ درصد بوده است. به نقل از دفتر برنامه ریزی معاونت انرژی وزارت نیرو متوسط هزینه ایجاد ظرفیت برای تولید گاز طبیعی در میداین دریایی ۹۸/۵ دلار بر تن معادل نفت خام و در مناطق خشکی ۲۶/۴ دلار بر تن معادل نفت خام است. بنابراین اگر ما فرض کنیم نسبت تولید از مناطق خشکی و دریایی روند کنونی را ادامه دهد میانگین وزنی هزینه ایجاد ظرفیت گاز برابر است با:

$$0.8333*27.7+0.1667*66.5=33.16796 \text{ (دلار بر تن گاز) (تراپی، ۱۳۸۷)}$$

با توجه به اینکه هر تن گاز برابر ۷/۳۱۵ بشکه معادل نفت خام است، بنابر این هزینه ایجاد ظرفیت جدید گاز بر حسب دلار بشکه معادل نفت خام برابر است با ۲۴۲/۶۲۳۶ و در نتیجه:

$$K_{GAS}=4534100 \text{ (دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام) (تراپی، ۱۳۸۷)}$$



نمودار (۳-۲۴) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش گاز

۳-۵-۳-۵-۳ سرمایه‌گذاری بخش برق

در بخش برق نخست مقدار تقاضای سالانه اضافه شده را از طریق اتحاد زیر بدست می‌آید:

$$\Delta ELCONS_t = ELCONS_t - ELCONS_{t-1} \quad \text{(تراپی، ۱۳۸۷)} \quad (19)$$

که در آن $\Delta ELCONS_t$ میزان مصرف اضافه شده برق بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام در سال t و $ELCONS_t$ مقدار مصرف سالانه برق بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام است. سپس از طریق اتحاد زیر، سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای افزایش ظرفیت تولید برق بدست می‌آید:

$$K \Delta ELCONS_t = K_{EL} \cdot \Delta ELCONS_t \quad \text{(تراپی، ۱۳۸۷)} \quad (20)$$

که در آن $K\Delta ELCONS_t$ سرمایه‌گذاری دلاری جهت ایجاد ظرفیت تولید اضافی برق در سال t و K_{EL} ضریب سرمایه‌ای افزایش ظرفیت تولید یک میلیون بشکه معادل نفت خام برق، بر حسب دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام است.

در اینجا نیز هزینه‌های مربوط به استهلاک و هزینه‌های نقل و انتقال نفت و فرآورده‌های نفتی دیده نشده است.

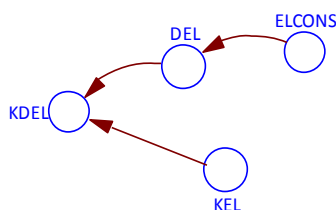
جهت بدست آوردن K_{EL} بدین ترتیب عمل شده است (ترابی، ۱۳۸۷):

- یک بشکه معادل نفت خام مساوی است با یک کیلووات در سال تقسیم بر $۵۱/۵۴$.
- یک کیلووات در سال برابر است با یک کیلووات ساعت ضرب در $(۳۶۵*۲۴)$
- یک کیلووات ظرفیت برابر است با یک کیلووات ساعت تقسیم بر ۴۴۶۷ ساعت.

از طرفی $۲۴/۸۷$ درصد از تولید برق در سال ۱۳۸۱ بصورت $۴/۶$ درصد مصارف داخلی نیروگاه، $۵/۳$ درصد در شبکه انتقال و $۱۴/۸۷$ درصد در شبکه توزیع هدر رفته است که در فرمول تبدیل تولید در ظرفیت در نظر گرفته شده است.

به نقل از دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو هزینه ایجاد یک کیلووات ظرفیت در یک نیروگاه متوسط برابر ۵۰۰ دلار است که با ترکیب محاسبات فوق نتیجه می‌شود که:

$K_{EL}=190245200$ (ترابی، ۱۳۸۷) (دلار بر میلیون بشکه معادل نفت خام)



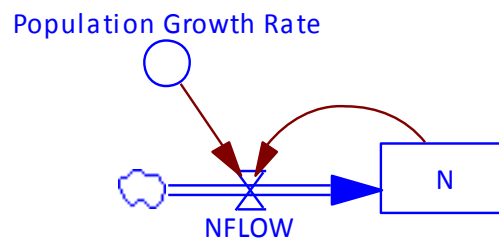
نمودار (۳-۲۵) محاسبه سرمایه‌گذاری مورد نیاز در بخش برق

۳-۵-۴ جمعیت

در بخش جمعیتی مدل، جمعیت کل کشور را بصورت برونزا در نظر گرفته‌ایم که به هنگام پیش‌بینی، جمعیت را از معادله رشد زیر در هر سال بدست می‌آوریم:

$$N_t = N_{t-1}(1+r) \quad (22)$$

که در آن N جمعیت کل کشور و r نرخ رشد جمعیت است.



نمودار (۳-۲۶) نحوه رشد جمعیت در مدل

فصل چهارم

کالیبراسیون پارامترها، سناریوسازی، شبیه‌سازی و

تحلیل حساسیت مدل

۴-۱ کالیبراسیون پارامترها

روش‌های متعددی برای کالیبراسیون پارامترهای یک مدل در تکنیک پویایی‌شناسی سیستمی وجود دارد، در این پژوهش، آمار و ارقام حقیقی قسمت‌های مربوط به بخش مصرف در اقتصاد را به عنوان ورودی در نرم‌افزار 9 EViews وارد کرده و با روش OLS یک تخمین مقدماتی زده می‌شود تا حدود هر پارامتر به دست آید، سپس مدل به صورت کلی اجرا می‌شود و با توجه به نتایج مدل و رفتار تاریخی متغیرها، پارامترها را در حدود مقادیر به دست آمده تغییر داده تا اختلاف نتایج مدل با رفتار تاریخی متغیرها به کمترین مقدار برسد. برای این کار، مدل بارها و بارها اجرا می‌شود تا با هربار تغییر متغیرها یک رفتار قابل قبول به دست آید. پس از تعیین مقدار پارامترها، مدل اجرا می‌شود و نتایج مدل تا سال ۱۴۰۴ بیان و مورد بررسی قرار می‌دهیم. در پایان با اعمال سیاست‌های متفاوتی تحلیل حساسیت‌های مورد نظر در بخش انرژی اعمال خواهد شد. نتایج کالیبراسیون در بیان ریاضی مدل آمده است.

۴-۱-۱ بیان ریاضی مدل

پس از کالیبراسیون پارامترها، با استفاده از Equation level نرم‌افزار تمامی روابط و مقادیر نهایی مدل بصورت زیر قابل ارائه می‌باشند.

(01) $a = -8$

(02) $b = -9$

(03) $C = -20$

(04) $C1 = 113$

(05) $C2 = 48$

(06) $c3 = 1.173$

(07) $CPI = WITH\ LOOKUP\ (Time, ((1391,300)-$
 $(1404,700)], (1391,363), (1392,377.52), (1393,392.621), (1394,408.326), (1395,424.659),$
 $(1396,441.645), (1397,459.311), (1398,477.683), (1399,496.791), (1400,516.662), (1401,53$
 $7.329), (1402,558.822), (1403,581.175), (1404,604.422)))$

(08) $d = -900$

- (09) $DEL = ELECONS - DELAY1(ELECONS, 1)$
- (10) $DGAS = GASCONS - DELAY1(GASCONS, 1)$
- (11) $DOIL = OILCONS - DELAY1(OILCONS, 1)$
- (12) $ECP = INTEG (ECPFLOW, 0)$
- (13) $ECPFLOW =$
 $ELECONSA * RPELA + ELECONI * RPELI + ELECONSR * RPELR + GASCONS * RPGAS$
 $+ OILCONS * RPOIL - ECP$
- (14) $ELECONI = INTEG (ELECONIFLOW, 66736)$
- (15) $ELECONIFLOW = C2 + DELAY1(ELECONI, 1) + RGDP/N - RPELI - ELECONI$
- (16) $ELECONS = ELECONI + ELECONSA + ELECONSR$
- (17) $ELECONSA = INTEG(ELECONSAFLOW, 31646)$
- (18) $ELECONSAFLOW = c3 + DELAY1(ELECONSA, 1) + RGDP/N - RPELA$
- (19) $ELECONSR = INTEG(ELECONSRFLOW, 91759.5)$
- (20) $ELECONSRFLOW = C1 + DELAY1(ELECONSR, 1) + RGDP/N + RPGAS -$
 $RPELR - ELECONSR$
- (21) $F = 2$
- (22) $FINAL TIME = 1404$
Units: Year
The final time for the simulation.
- (23) $g = 25$
- (24) $GASCONS = INTEG(GASCONSFLOW, 151.677)$
- (25) $GASCONSFLOW = g + GASCONS - OILCONS/N + ELECONS - RPGAS -$
 $GASCONS$
- (26) $INITIAL TIME = 1391$
Units: Year
The initial time for the simulation.
- (27) $KDEL = DEL * KEL$
- (28) $KDGAS = DGAS * KGAS$
- (29) $KDOIL = DOIL * KOIL$

- (30) $KEL = 1.94$
- (31) $KET = KDEL + KDGAS + KDOIL$
- (32) $KGAS = 4.007$
- (33) $KOIL = 1.96$
- (34) $N = INTEG(NFLOW, 76.037)$
- (35) $NFLOW = N * \text{Population Growth Rate}$
- (36) $OILCONS = INTEG(OILCONSFLOW, 82.078)$
- (37) $OILCONSFLOW = F + DELAY1(OILCONS, 1) + RGDP - RPOIL + N - OILCONS$
- (38) $PELA = WITH\ LOOKUP\ (Time, [(1391, 100) - (1404, 300)], (1391, 131.1), (1392, 136.344), (1393, 141.798), (1394, 147.47), (1395, 153.368), (1396, 159.503), (1397, 165.883), (1398, 172.519), (1399, 179.419), (1400, 186.596), (1401, 194.06), (1402, 201.822), (1403, 209.895), (1404, 218.291)))$
- (39) $PELER = WITH\ LOOKUP\ (Time, [(1391, 400) - (1404, 700)], (1391, 407), (1392, 423.28), (1393, 440.211), (1394, 457.82), (1395, 476.132), (1396, 495.178), (1397, 514.985), (1398, 535.584), (1399, 557.008), (1400, 579.288), (1401, 602.459), (1402, 626.558), (1403, 651.62), (1404, 677.685)))$
- (40) $PELI = WITH\ LOOKUP\ (Time, [(1391, 400) - (1404, 800)], (1391, 427.5), (1392, 444.6), (1393, 462.384), (1394, 480.879), (1395, 500.115), (1396, 520.119), (1397, 540.924), (1398, 562.561), (1399, 585.063), (1400, 608.466), (1401, 632.804), (1402, 658.117), (1403, 684.441), (1404, 711.819)))$
- (41) $PGAS = WITH\ LOOKUP\ (Time, [(1391, 900) - (1404, 2000)], (1391, 991.66), (1392, 1031.33), (1393, 1072.58), (1394, 1115.48), (1395, 1160.1), (1396, 1206.51), (1397, 1254.77), (1398, 1304.96), (1399, 1357.16), (1400, 1411.44), (1401, 1467.9), (1402, 1526.61), (1403, 1587.68), (1404, 1651.19)))$
- (42) $POIL = WITH\ LOOKUP\ (Time, [(1391, 2) - (1404, 5)], (1391, 2.834), (1392, 2.947), (1393, 3.065), (1394, 3.187), (1395, 3.316), (1396, 3.448), (1397, 3.585), (1398, 3.729), (1399, 3.878), (1400, 4.038), (1401, 4.194), (1402, 4.362), (1403, 4.537), (1404, 4.718)))$
- (43) $\text{Population Growth Rate} = 0.011$
- (44) $RCG = INTEG(RCGFLOW, 169.53)$
- (45) $RCGFLOW = b + DELAY1(RCG, 1) + ROILR + RTAXR - RCG$
- (46) $RCP = INTEG(RCPFLOW, 972.555)$

- (47) $RCPFLOW = a + DELAY1(RCP, 1) + RGDP - RCP$
- (48) $RGDP = INTEG(RGDPFLOW, 38000)$
- (49) $RGDP \text{ GROWTH} = (RGDP - "RGDP-1" / "RGDP-1") * 100$
- (50) $"RGDP-1" = DELAY1(RGDP, 1)$
- (51) $RGDPFLOW = TCP + RCG + TI + RX - RM - RGDP$
- (52) $RI = INTEG(RIFLOW, 1299.87)$
- (53) $RIFLOW = C + DELAY1(RI, 1) + DELAY1(RI, 2) + DELAY1(ROILR, 2) + RGDP/N - RI$
- (54) $RM = INTEG(RMFLOW, 345.82)$
- (55) $RM \text{ Coefficient} = 0.002$
- (56) $RMFLOW = RM \text{ Coefficient} * RM$
- (57) $ROILR = WITH \text{ LOOKUP}(\text{Time}, ((1391, 100) - (1404, 300)], (1391, 172.2), (1392, 179.088), (1393, 186.252), (1394, 193.702), (1395, 201.45), (1396, 209.508), (1397, 217.888), (1398, 226.603), (1399, 235.668), (1400, 245.094), (1401, 254.898), (1402, 265.094), (1403, 275.698), (1404, 286.726)))$
- (58) $RPELA = 100 * PELA / CPI$
- (59) $RPELI = 100 * PELI / CPI$
- (60) $RPELR = 100 * PELER / CPI$
- (61) $RPGAS = 100 * PGAS / CPI$
- (62) $RPOIL = 100 * POIL / CPI$
- (63) $RTAXFLOW = d + DELAY1(RTAXR, 1) + RM + ROILR - RTAXR$
- (64) $RTAXR = INTEG(RTAXFLOW, 395.166)$
- (65) $RX = INTEG(RXTFLOW, 376.386)$
- (66) $RX \text{ Coefficient} = 0.06$
- (67) $RXTFLOW = RX \text{ Coefficient} * RX$
- (68) $SAVEPER = \text{TIME STEP}$
- (69) $TCP = ECP + RCP$
- (70) $TI = RI + KET$
- (71) $\text{TIME STEP} = 1$
The time step for the simulation.

۲-۴ بیان نتایج مدل

جدول (۱-۴) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده

Years	TI	TCP	RPOIL	RPGAS	RPEL R	RPELI	RPELA	KOIL	KET
Initial	1.29987e+00 6	972555	2.834	991.7	407	427.5	131.1	1.38	0
1391	1.29987e+00 6	972555	2.947	1031	423	444.6	136.6	1.38	0
1392	5.3346e+006	2.63626e+0 08	3.065	1073	440.2	462.4	141.8	1.38	60544 5
1393	3.20537e+00 6	2.65708e+0 08	3.187	1115	457.8	480.9	147.5	1.38	2.734 69e+0 06
1394	3.57211e+00 8	5.3521e+00 8	3.316	1160	476.1	496.5	153.4	1.38	3.526 58e+0 08
1395	5.92986e+00 6	7.47064e+0 08	3.448	1175	478.9	501.8	156.1	1.38	1.051 47e+0 06
1396	1.17805e+00 9	1.64291e+0 09	3.553	1180	482.9	501.89	157.9	1.38	1.170 07e+0 09
1397	1.71528e+00 8	2.2008e+00 9	3.566	1194	482.99	503.5	158	1.38	- 1.805 62e+0 08
1398	3.89396e+00 9	5.06779e+0 09	3.566	1199	486.8	507	159.2	1.38	3.879 89e+0 09
1399	1.19932e+00 9	6.41607e+0 09	3.553	1214	488.2	510.7	159.6	1.38	1.215 93e+0 09
1400	1.29878e+01 0	1.56391e+0 10	3.579	1261	488.6	510.9	163	1.38	1.296 28e+0 10
1401	6.08853e+00 9	1.86707e+0 10	3.658	1277	490.3	512	163.2	1.38	- 6.118 91e+0 09
1402	4.3678e+010	4.84362e+0 10	3.729	1283	492.6	512.6	164	1.38	4.363 33e+0 10

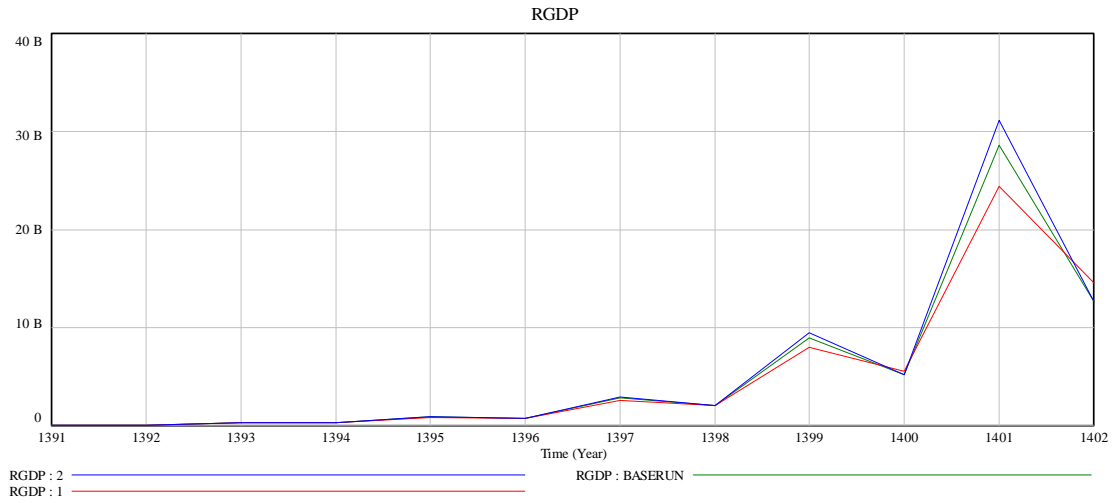
جدول (۴-۲) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده

Years	KDOIL	KDEL	KDGAS	CPI	KGAS	KEL	RX	RTAXR	RM
Initial	0	0	0	363	3.007	1.36	376386	395167	345821
1391	0	0	0	363	3.007	1.36	376386	395167	345821
1392	605166	317.155	-370.125	377.52	3.007	1.36	398969	740260	346513
1393	2.73474e+006	36.8792	242.375	392.621	3.007	1.36	422907	740949	347206
1394	3.52644e+008	13585.8	306.775	408.326	3.007	1.36	448282	1.08673e+006	347900
1395	1.02687e+006	4333.8	20260.6	424.659	3.007	1.36	475179	1.08811e+006	348596
1396	1.16999e+009	47997.9	29763.3	441.645	3.007	1.36	503689	1.43458e+006	349293
1397	- 1.80681e+008	16032.5	103256	443.431	3.007	1.36	533911	1.43666e+006	349992
1398	3.87958e+009	165864	143271	452.951	3.007	1.36	565945	1.78384e+006	350692
1399	- 1.21638e+009	49665	404113	457.974	3.007	1.36	599902	1.78662e+006	351393
1400	1.29617e+010	563048	544477	459.554	3.007	1.36	635896	2.1345e+006	352096
1401	- 6.12049e+009	132703	1.44353e+006	466.246	3.007	1.36	674050	2.13799e+006	352800
1402	4.36295e+010	1.88697e+006	1.88823e+006	467.125	3.007	1.36	714493	2.48658e+006	353506

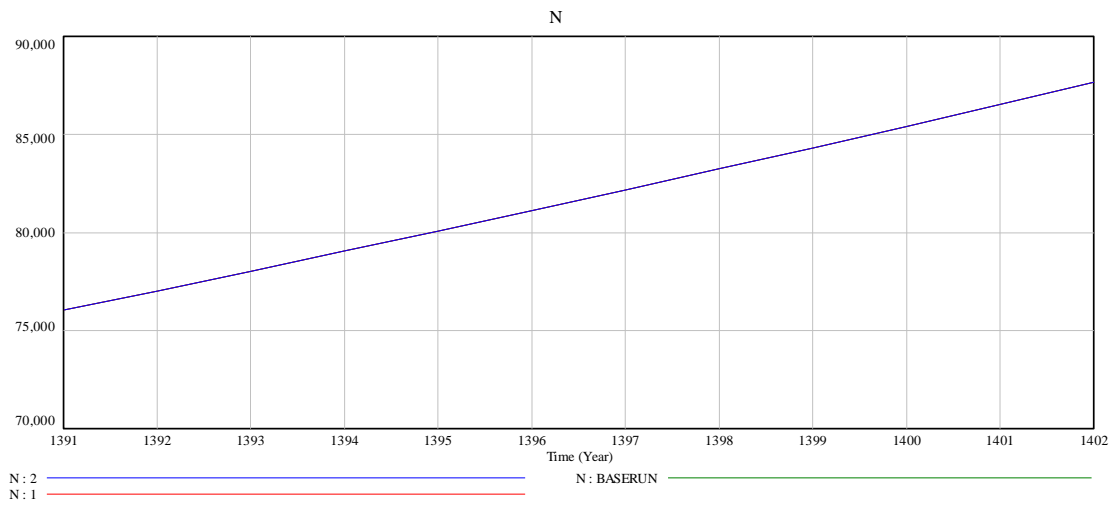
جدول (۳-۴) نتایج مدل کلان انرژی طراحی شده

Years	RI	RGDP	RCP	RCG	OILCO NS	GASCO NS	ELCON R	ELCON I	ELCO NA	ECP
Initial	1.29987 e+006	2.01155 e+006	972555	169530	516.25	954040	58.39	42.47	20.14	0
1391	1.29987 e+006	2.01155 e+006	972555	169530	516.25	954040	58.39	42.47	20.14	0
1392	2.59992 e+006	2.47252 e+006	2.9841e +006	564860	2.0881e+ 006	953908	345.908	-10.8437	31.792 2	2.6064 2e+00 8
1393	2.59992 e+006	2.69578 e+008	3.44507 e+006	909951	2.55006e +006	953994	351.554	-5.19858	49.089 5	2.6226 2e+00 8
1394	4.55341 e+006	2.69899 e+008	2.72562 e+008	1.30597 e+006	2.71744e +008	954104	4061.91	3364.32	3500.8 8	2.6264 8e+00 8
1395	4.87839 e+006	8.93827 e+008	2.73344 e+008	1.99684 e+006	2.72528e +008	961340	4027.27	3329.69	6929.6 8	4.7372 1e+00 8
1396	7.97888 e+006	7.55118 e+008	1.16639 e+009	2.39423 e+006	1.16565e +009	971970	15486.2	14449.2	21558. 9	4.7651 8e+00 8
1397	9.03412 e+006	2.8235e +009	1.02846 e+009	3.43157 e+006	1.02773e +009	1.00885e +006	13594.4	12564	37764. 2	1.1723 4e+00 9
1398	1.4076e +007	2.03289 e+009	3.98989 e+009	3.83105 e+006	3.98924e +009	1.06002e +006	50107.9	48738.3	93652. 9	1.0779 e+009
1399	1.6607e +007	8.9658e +009	3.06135 e+009	5.21557 e+006	3.0607e+ 009	1.20434e +006	38275.9	36915	155808	3.3547 1e+00 9
1400	2.49946 e+007	5.22221 e+009	1.29557 e+010	5.61783 e+006	1.29551e +010	1.3988e +006	156701	155004	355765	2.6833 8e+00 9
1401	3.03779 e+007	2.86328 e+010	8.28356 e+009	7.35024 e+006	8.283e+0 09	1.91435e +006	99673	97984.8	572682	1.0387 2e+01 0
1402	16768	1.25899 e+010	4.15885 e+010	7.75599 e+006	4.1588e+ 010	2.58871e +006	487893	485868	1.2593 5e+006	6.8477 4e+00 9

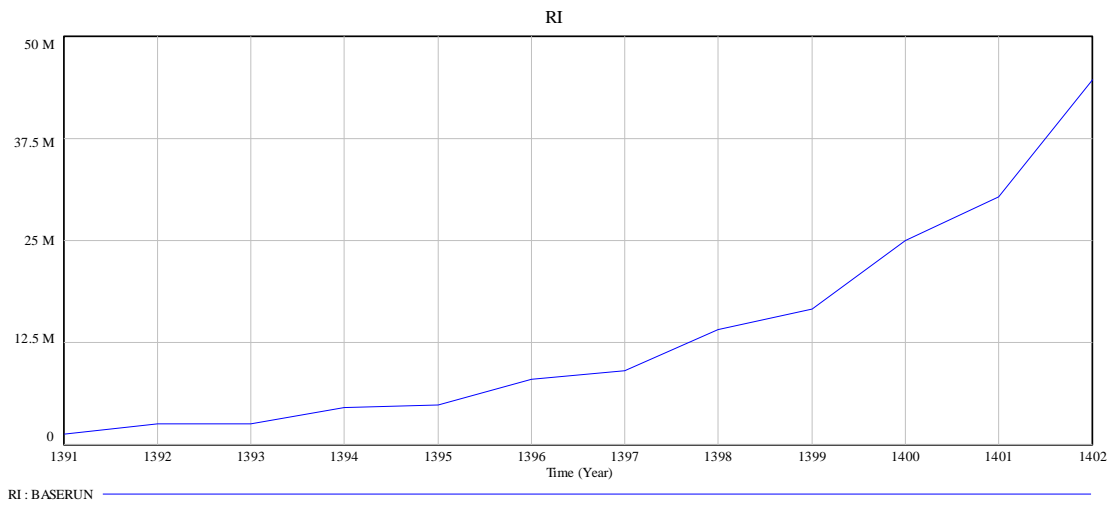
نتایج مدل بصورت نمودارهای زیر نیز قابل مشاهده هستند:



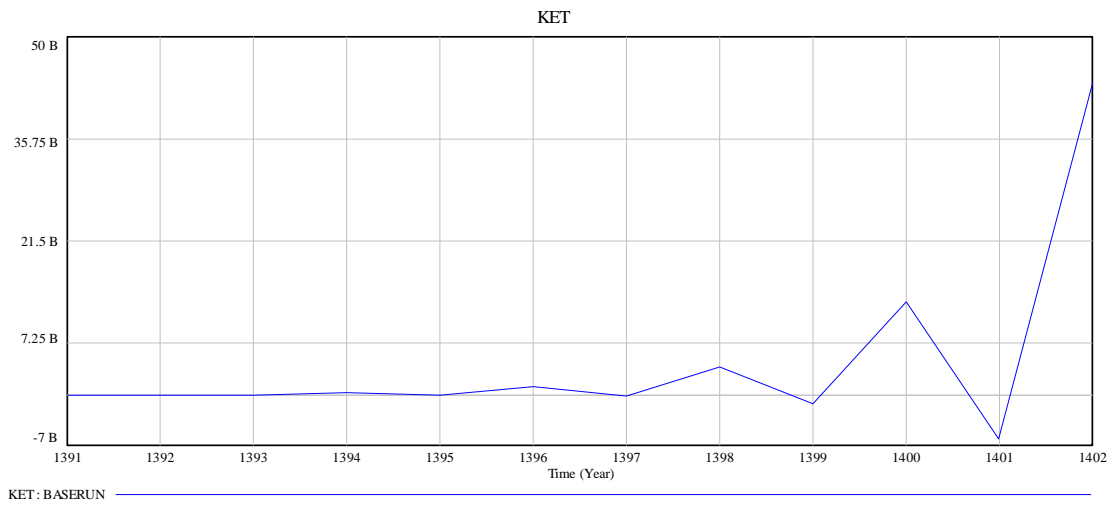
نمودار (۱-۴) تولید ناخالص داخلی



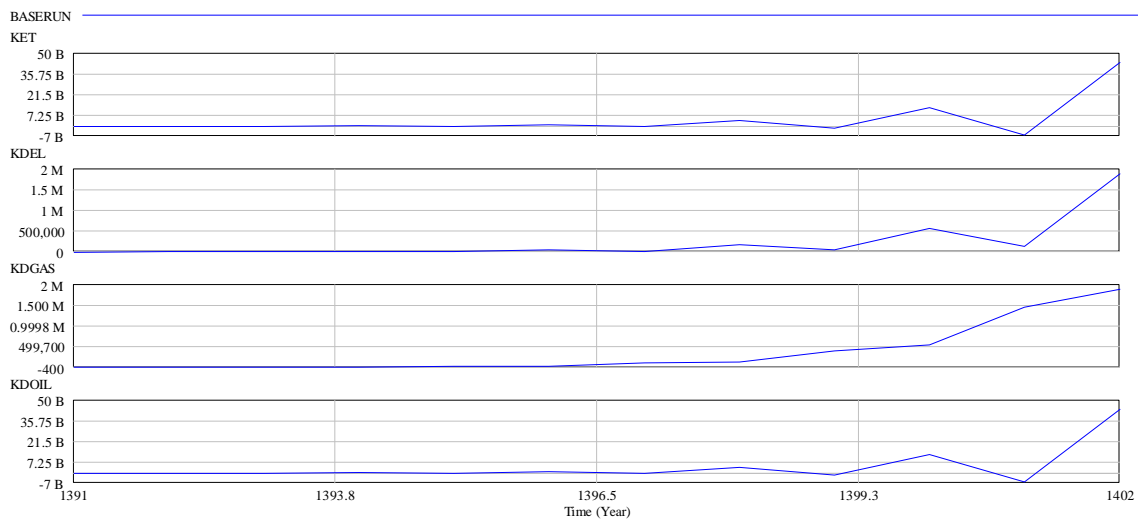
نمودار (۲-۴) رشد جمعیت



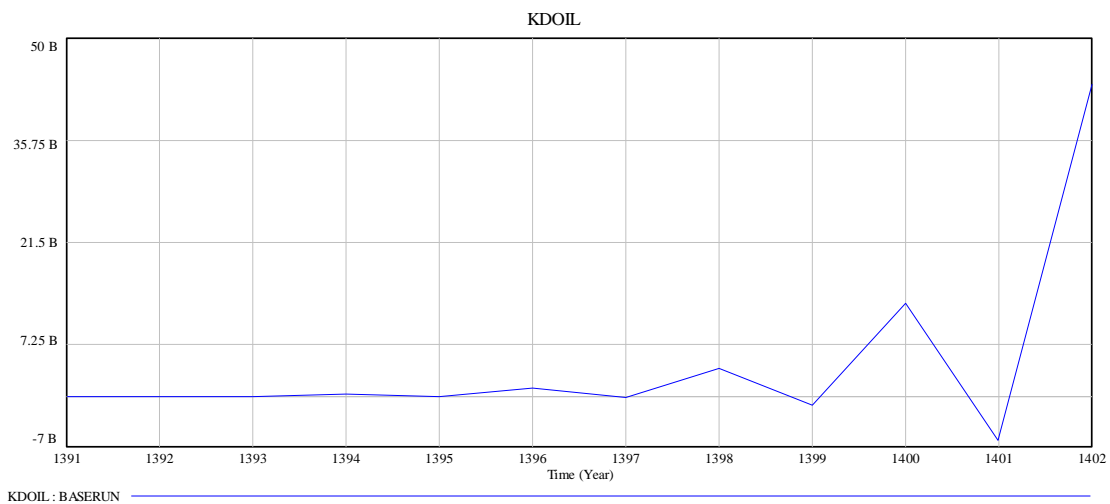
نمودار (۳-۴) سرمایه‌گذاری کل به جز بخش انرژی



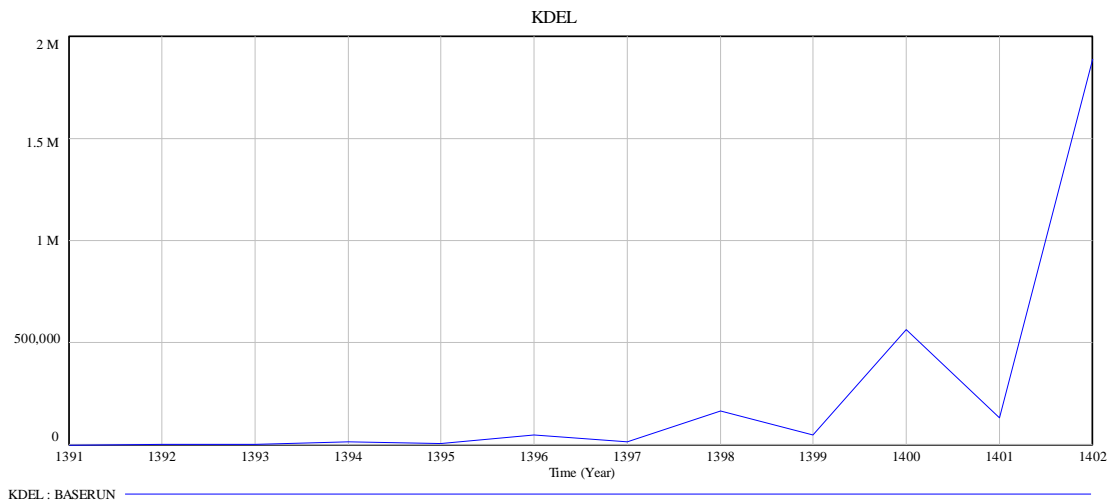
نمودار (۴-۴) سرمایه‌گذاری کل بخش انرژی



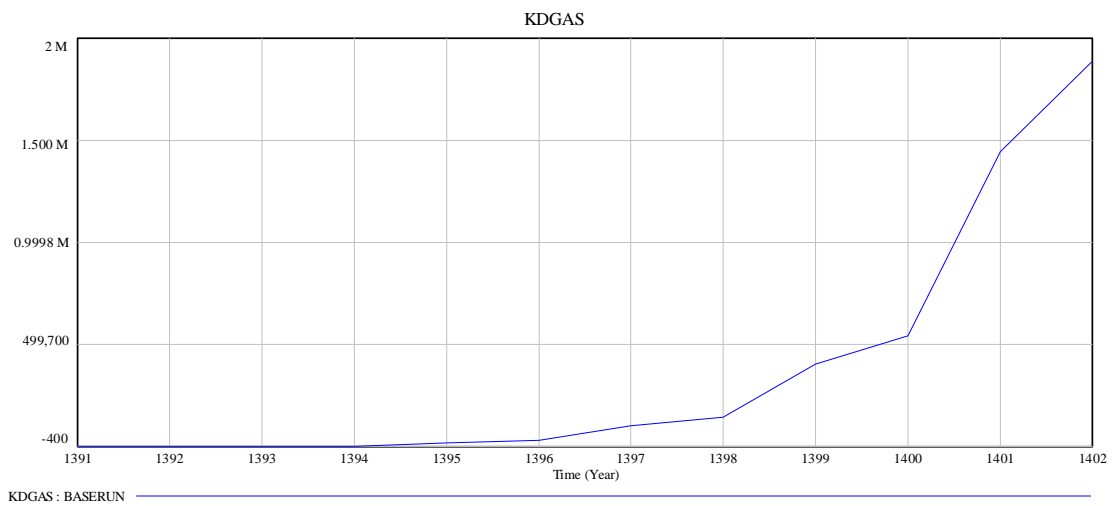
نمودار (۴-۵) جریان های ورودی سرمایه گذاری در بخش های مختلف انرژی، الکتریسیته، گاز، نفت.



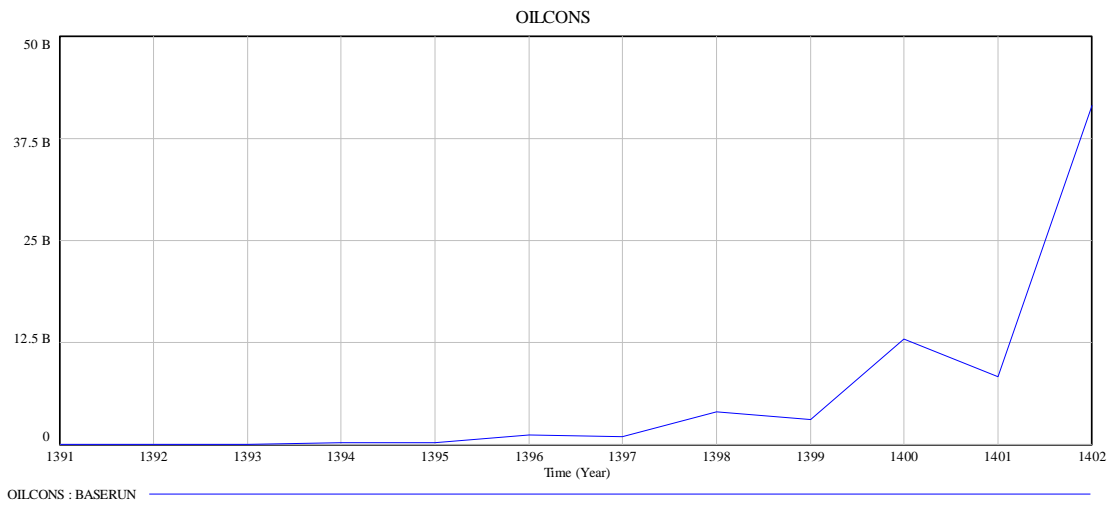
نمودار (۴-۶) سرمایه گذاری انرژی در بخش نفت



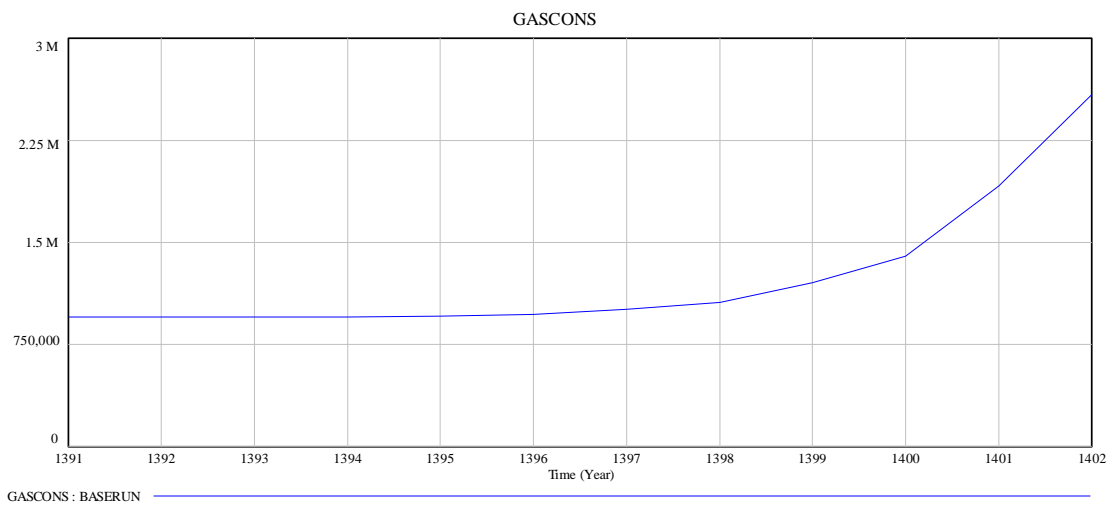
نمودار (۷-۴) سرمایه‌گذاری انرژی در بخش الکتریسیته



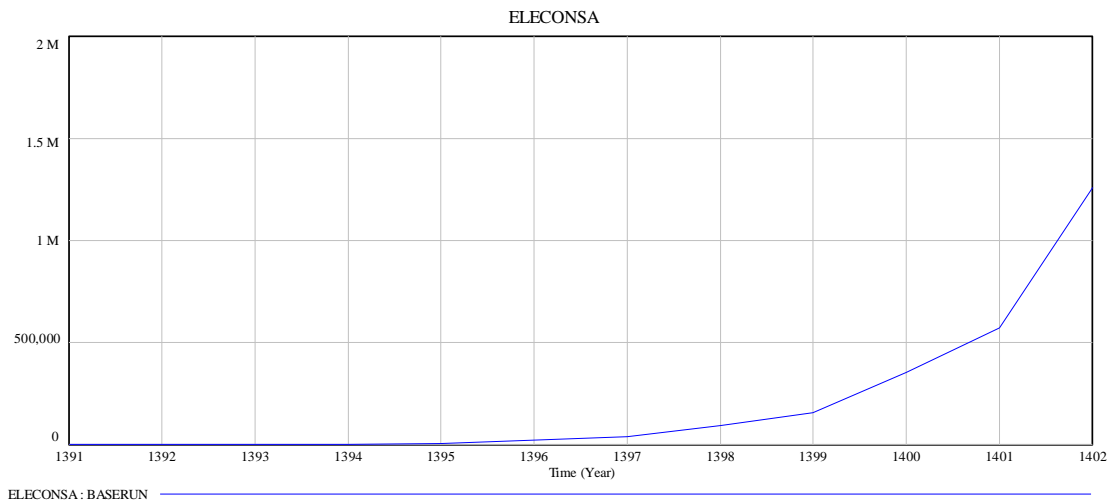
نمودار (۸-۴) سرمایه‌گذاری انرژی در بخش گاز



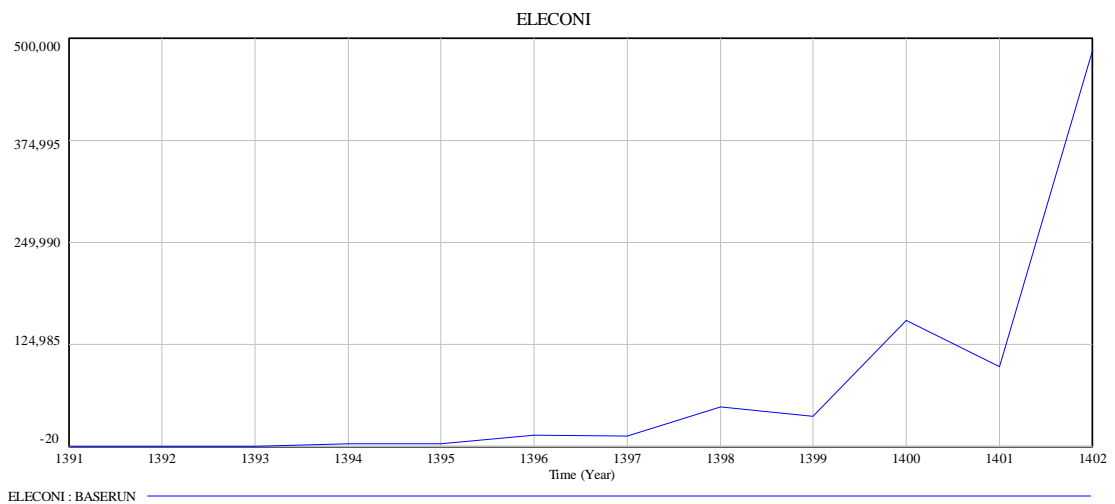
نمودار (۴-۹) مصرف فرآورده‌های نفتی در اقتصاد



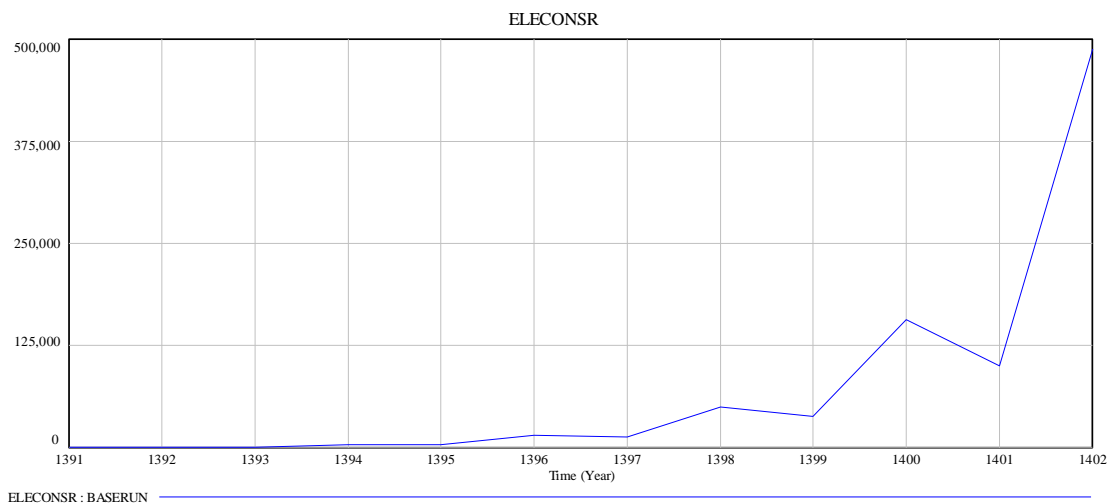
نمودار (۴-۱۰) مصرف انرژی گاز طبیعی در اقتصاد



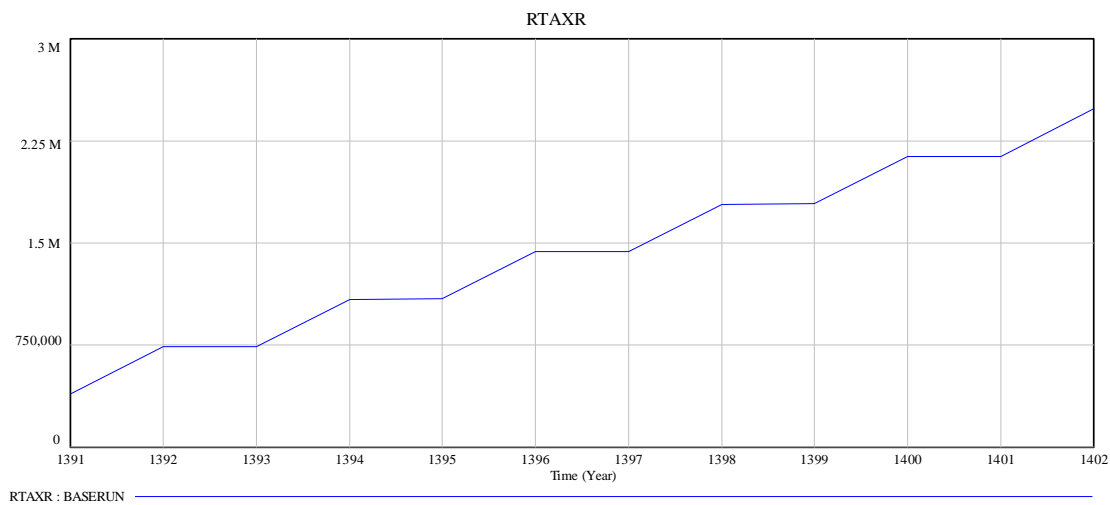
نمودار (۴-۱۱) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش کشاورزی



نمودار (۴-۱۲) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش صنعت



نمودار(۴-۱۳) مصرف انرژی الکتریسیته توسط بخش مسکونی



نمودار(۴-۱۴) خالص درآمدهای مالیاتی دولت

۳-۴ شبیه سازی در چارچوب مدل

جهت تحلیل حساسیت مدل بدین گونه عمل می‌شود که برخی متغیرهایی که بصورت برون‌زا بر مدل اثر می‌گذارند تغییر داده می‌شوند و اثرات آن بر مدل مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد. در مدلی که ساخته شده است قسمتی جهت تحلیل حساسیت با عنوان Simulation و Synthesim قرار داده شده است که این کار را انجام می‌دهد. در این قسمت فهرست متغیرهای برون‌زا قرار داده شده‌اند تا کاربر بتواند به راحتی با تغییر دادن آنها نتایج هر تغییر را در نمودارهای مدل مشاهده نماید. در ادامه فصل چند تحلیل حساسیت مهم که مد نظر است ارائه می‌شود. اما خواننده می‌تواند سیاست‌های گوناگونی را در مدل که در CD پیوست موجود است اعمال کند و نتایج آنها را مورد مشاهده قرار دهد.

متغیرهایی که به صورت برون‌زا بر مدل تاثیر می‌گذارند شامل: شاخص قیمت خرده‌فروشی در مناطق شهری (CPI)، درآمدهای حاصل از صادرات نفت و گاز به قیمت ثابت ۱۳۸۳ (ROILR)، قیمت اسمی برق صنعتی (متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت) (PELI)، قیمت اسمی برق خانگی - تجاری (متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت) (PELR)، قیمت اسمی برق کشاورزی

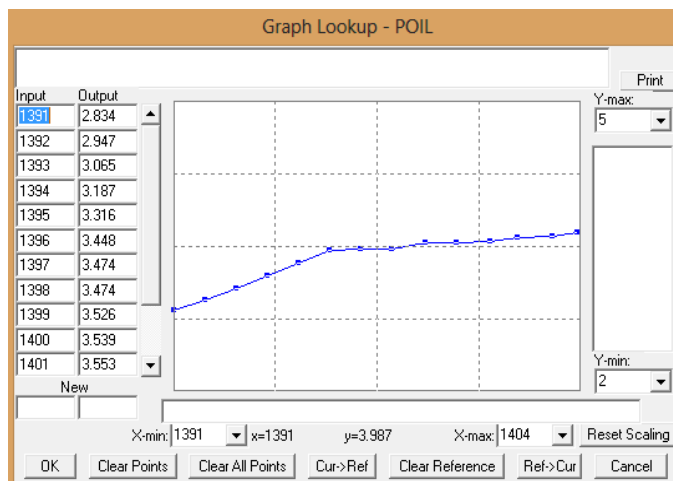
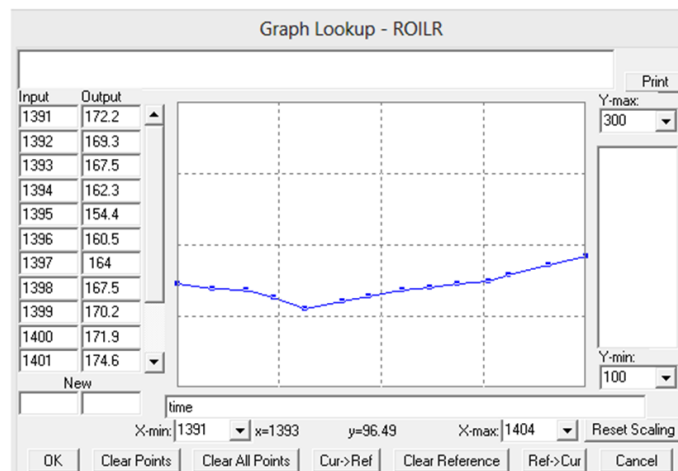
(متوسط قیمت فروش برق برای هر کیلووات ساعت) (PELA)، قیمت اسمی نفت (متوسط قیمت نفت کوره، گازوئیل، نفت سفید و بنزین) (POIL) و قیمت اسمی گاز (متوسط قیمت فروش برای هر متر مکعب گاز طبیعی) (قیمت مصرف خانگی) (PGAS) هستند. گاهی اوقات ما روند تغییر یک متغیر را می‌دانیم، بدون اینکه قادر باشیم برای آن رابطه‌ای بنویسیم. برای این منظور متغیر سایه‌ای <TIME> را ایجاد و آن را به متغیر مورد نظر که می‌خواهیم به صورت گرافیکی نمایش داده شود متصل می‌کنیم، تا بتوان برای متغیرهای برون‌زا در مدل مقادیر مختلف در نظر گرفت.

۴-۴ تغییر قیمت حامل‌های انرژی

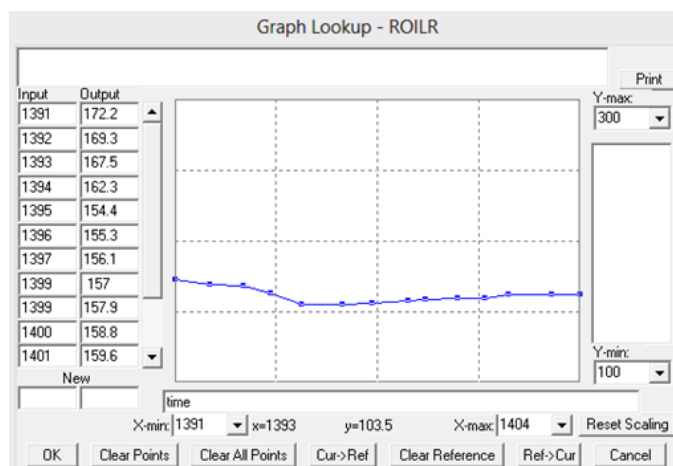
همانطور که گفته شد، قیمت حامل‌های انرژی در مدل برون‌زا در نظر گرفته شده‌اند. در مدل قیمت حامل‌های انرژی بصورتی تعیین شده‌اند که می‌توان آنها را به هر مقداری که دولت تصمیم بگیرد تغییر داد.

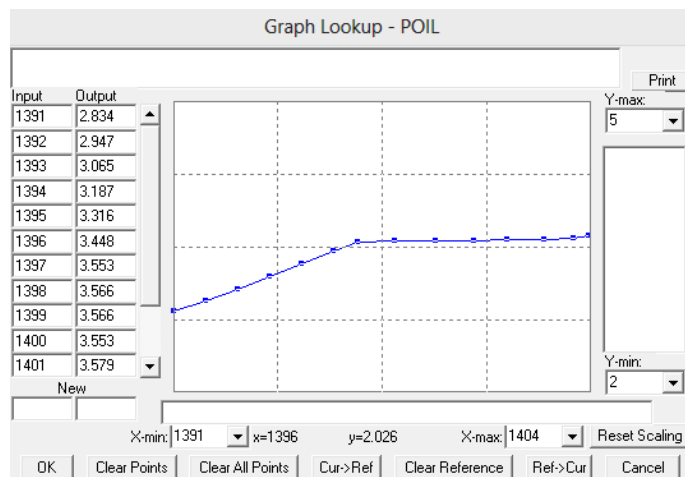
حال ۳ سیاست را مد نظر قرار می‌دهیم به طوریکه در مدل فرض می‌شود دولت این سیاست‌ها را اتخاذ کرده است و نتایج را بررسی می‌کنیم:

BASERUN: رشد قیمت‌ها با توجه به الگویی که در واقعیت اقتصاد کشور رخ داده است. به طوریکه از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۳۹۵، به دلیل وجود تحریم‌های بین‌المللی و نبود خریداران برای نفت، درآمدهای نفتی حاصل از صادرات نفت کشورمان رشد منفی داشته است و از سال ۱۳۹۵ به بعد با توجه به توافق هسته‌ای در نشست ۱+۵ با ایران و رفع تحریم‌های بین‌المللی از سوی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و سازمان ملل، میزان صادرات نفت رفته رفته افزایش می‌یابد و بالتبع درآمدهای نفتی کشور حاصل از صادرات نیز افزایش خواهد داشت، ولی این رشد با شیب کمی همراه خواهد بود زیرا قیمت جهانی نفت افت شدید پیدا کرده است. در این حالت همانطور که در واقعیت رخ می‌دهد، قیمت سایر حامل‌های انرژی در کشور تا سال ۱۳۹۵ رشد مثبت داشته است و از سال ۱۳۹۵ به بعد رشد بسیار کم داشته و می‌توان گفت ثابت مانده‌اند.



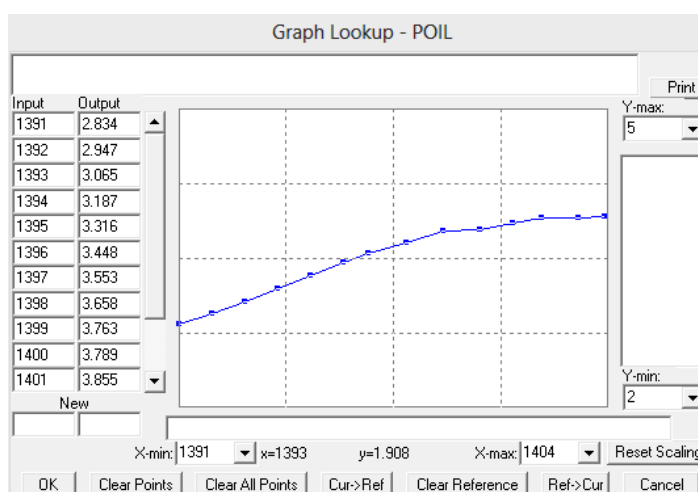
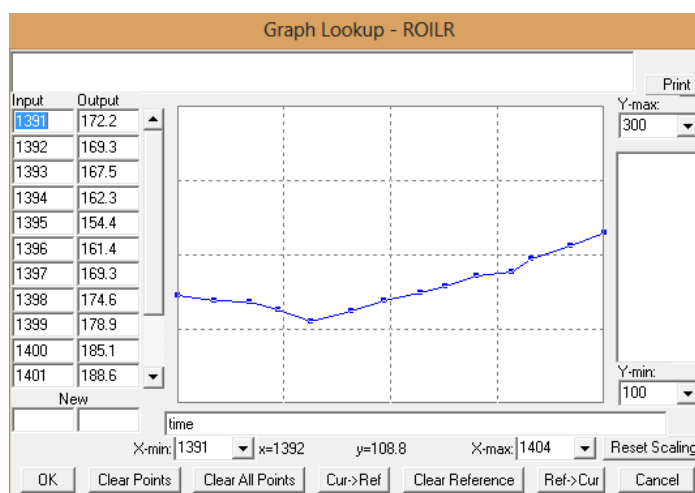
۱- کاهش درآمدهای نفتی حاصل از صادرات تا سال ۱۳۹۵ و ثابت بودن از این سال به بعد، تثبیت قیمت سایر حامل‌های انرژی.



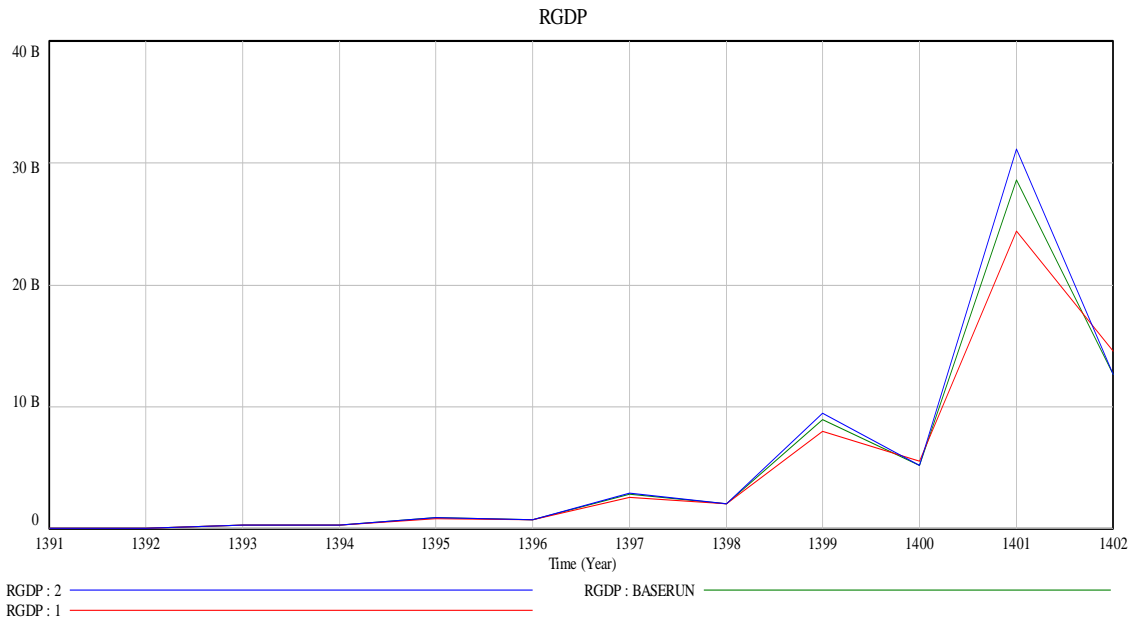


۲- افزایش درآمد حاصل از صادرات نفت و افزایش قیمت حامل‌های انرژی در شرایط سطح پایین

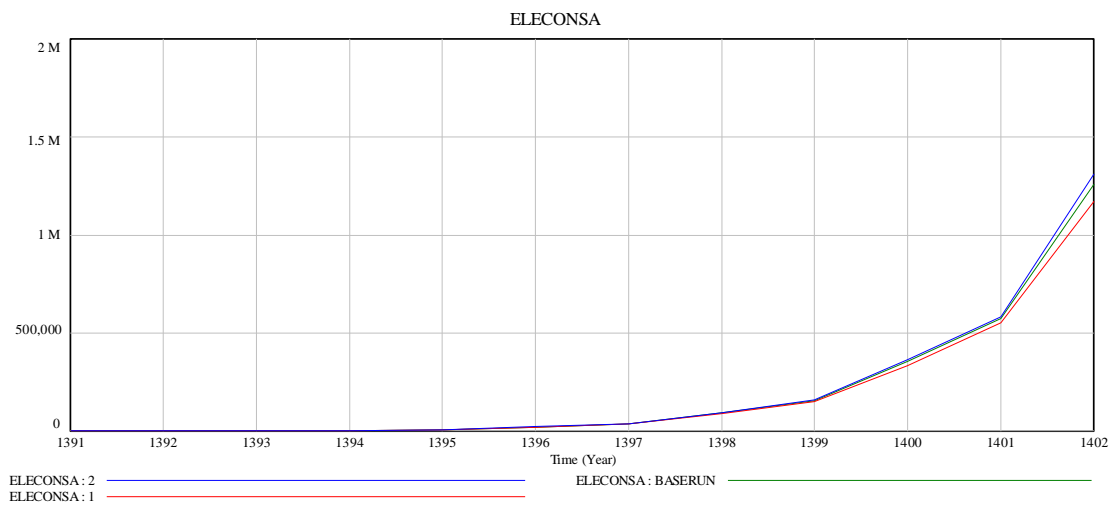
تورم.



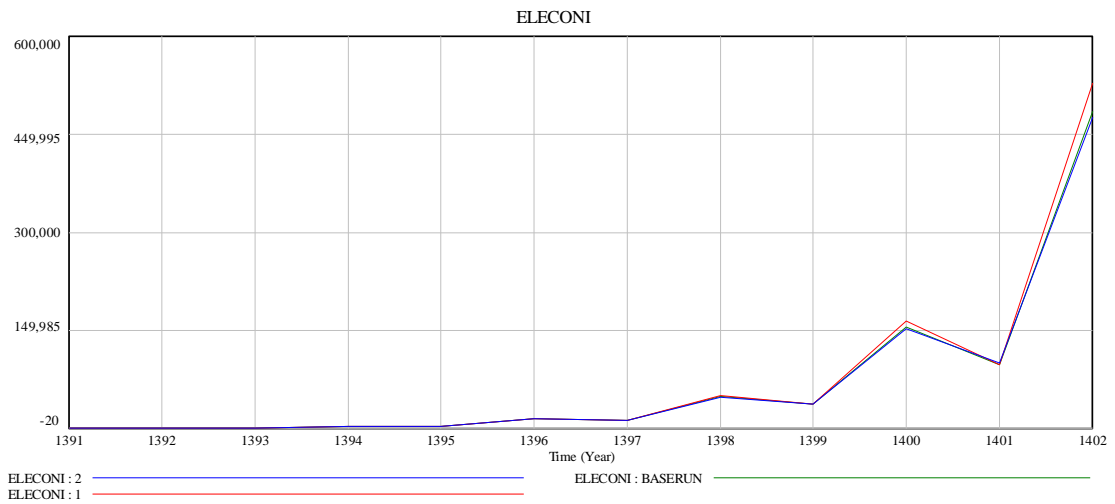
با اعمال این سیاست‌ها می‌توانیم نتایج آنها را در مدل روی تقاضای هر یک از حامل‌های انرژی و سرمایه‌گذاری آنها و در نهایت روی تولید ناخالص ملی و رشد اقتصاد مشاهده نماییم.



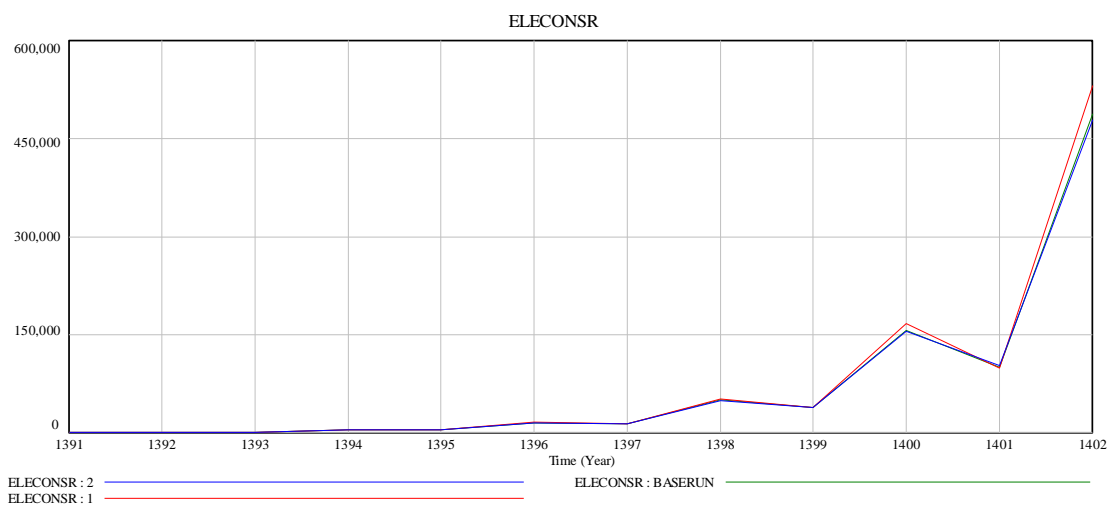
نمودار (۴-۱۵) کاهش GDP در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN



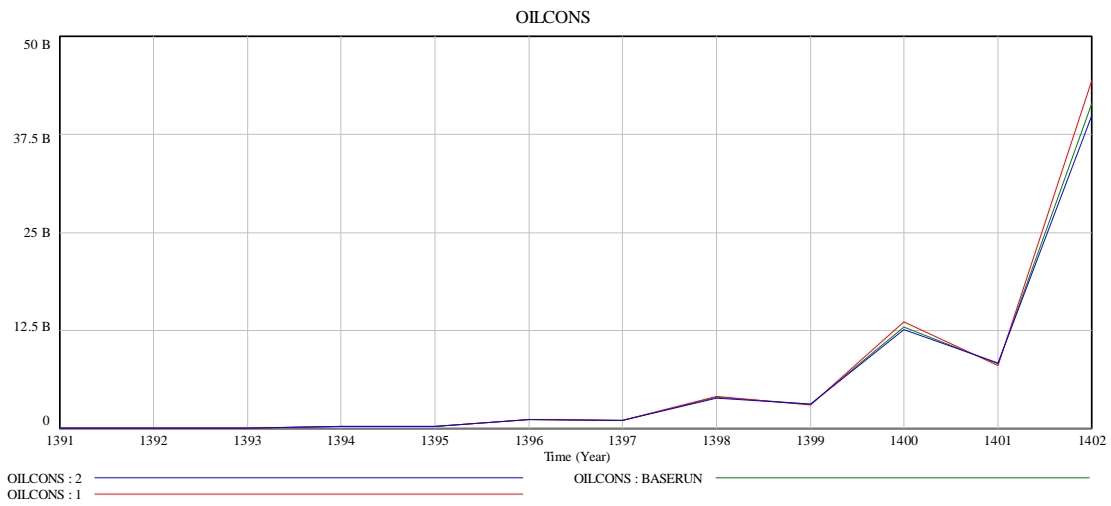
نمودار (۴-۱۶) کاهش مصرف برق در بخش کشاورزی در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN



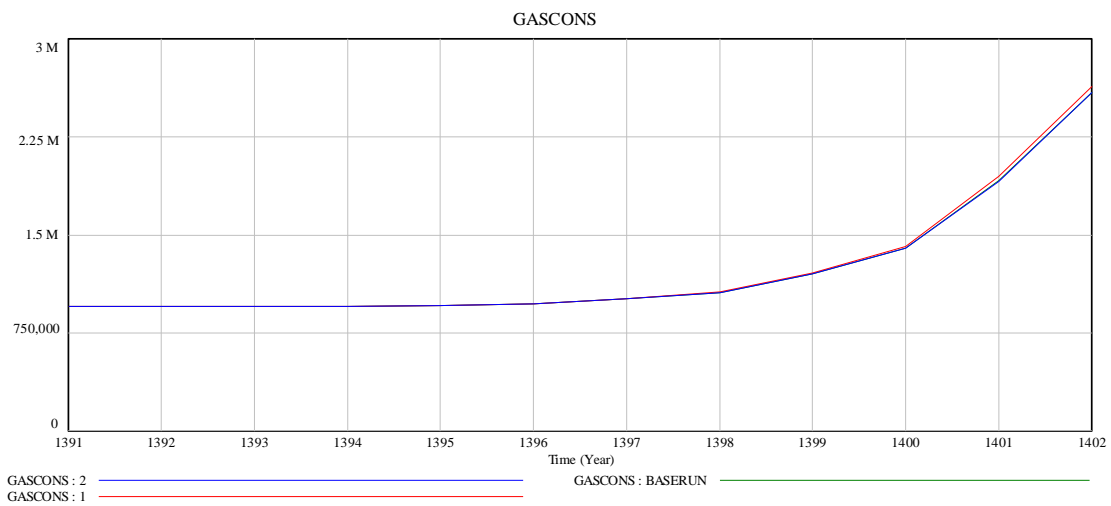
نمودار (۴-۱۷) کاهش مصرف برق در بخش صنعتی در سناریو ۱ نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲



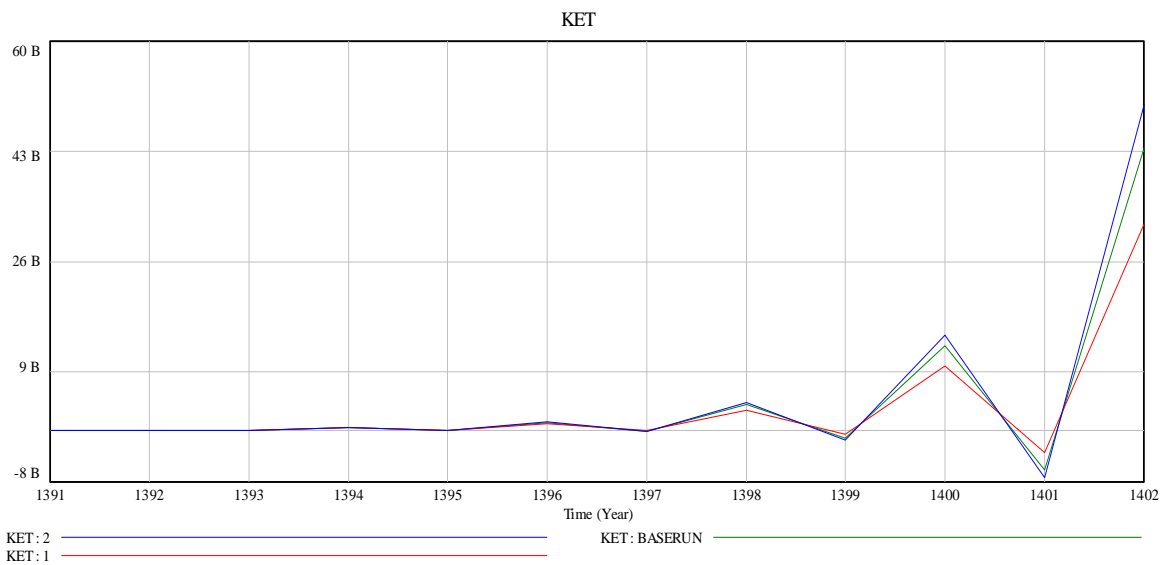
نمودار (۴-۱۸) کاهش مصرف برق در بخش خانگی در سناریو اول نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲



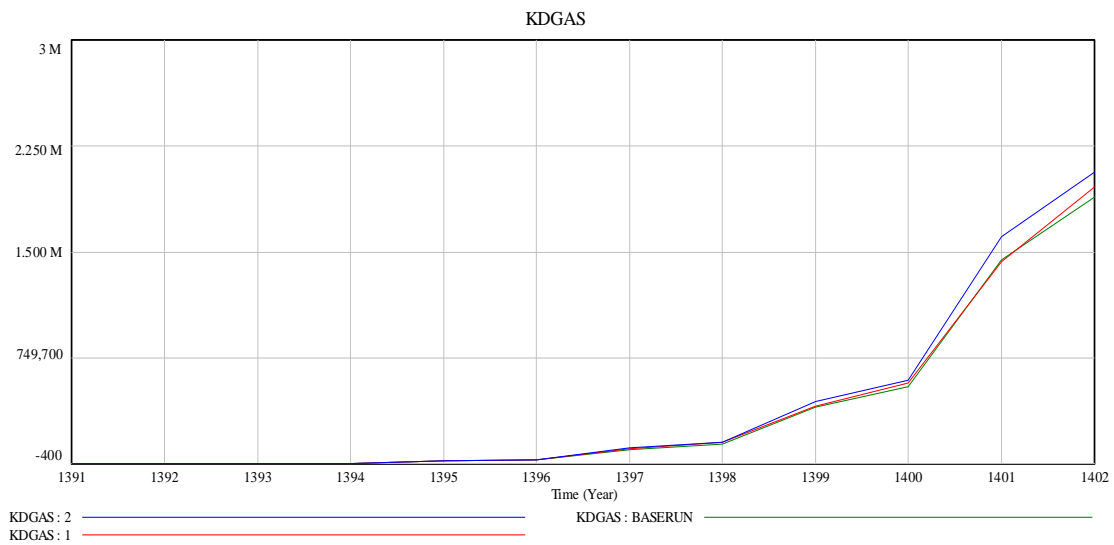
نمودار (۴-۱۹) کاهش مصرف نفت در سناریو اول نسبت به سناریو پایه BASERUN و افزایش در سناریو ۲



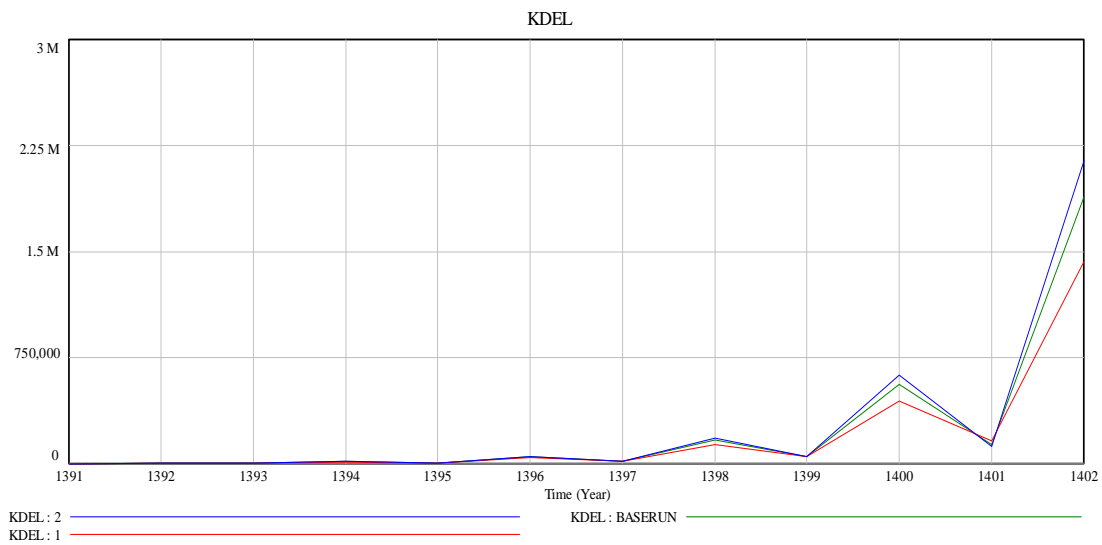
نمودار (۴-۲۰) کاهش مصرف گاز در سناریو اول و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN



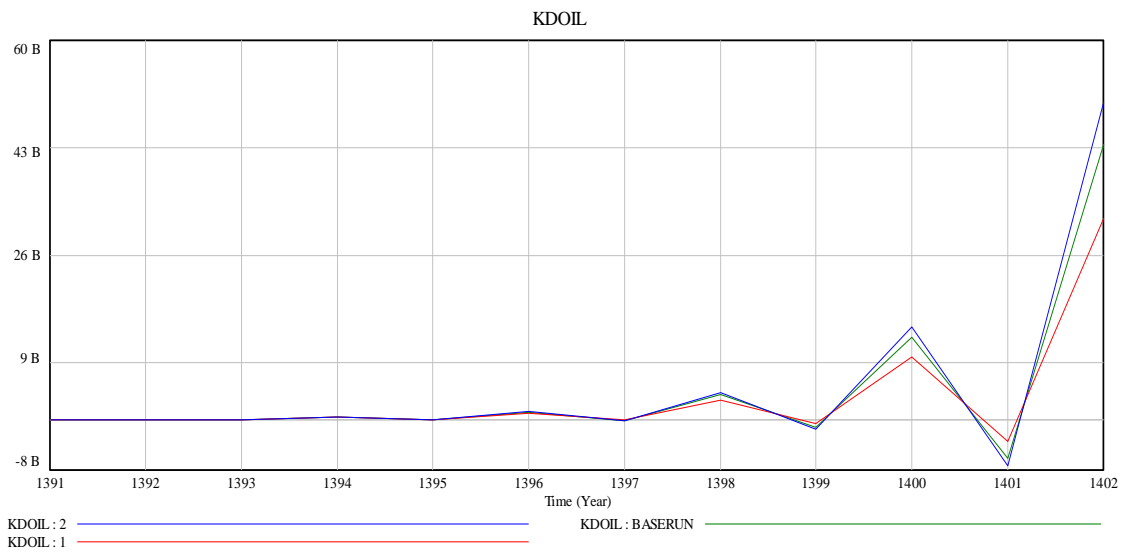
نمودار (۴-۲۱) افزایش و کاهش متناوب سرمایه‌گذاری کل در بخش انرژی در بلند مدت در سناریو ۱ و افزایش در بلند مدت در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه **BASERUN**



نمودار (۴-۲۲) ثبات تقریبی سرمایه‌گذاری در بخش گاز در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه **BASERUN**



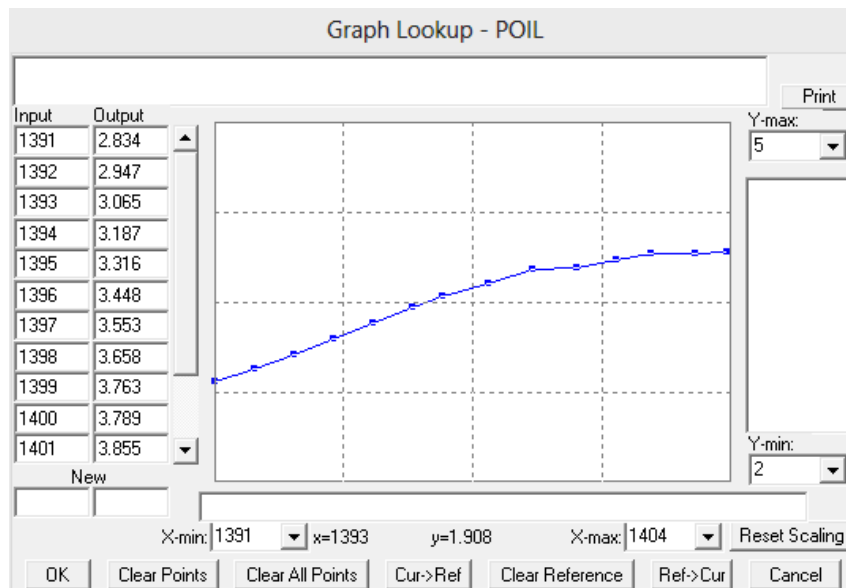
نمودار (۴-۲۳) کاهش سرمایه‌گذاری در بخش برق در سناریو ۱ و افزایش سرمایه‌گذاری در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN



نمودار (۴-۲۴) کاهش سرمایه‌گذاری در بخش نفت در سناریو ۱ و افزایش در سناریو ۲ نسبت به سناریو پایه BASERUN

۴-۴-۱ اثر افزایش قیمت نفت

همانطور که در واقعیت اتفاق افتاده است فرض می‌شود که قیمت نفت افزایش یابد. لذا مدل را یک بار در حالت افزایش قیمت نفت طبق روال تاریخی آن که با سرعت اندک افزایش می‌یابد (حالت اصلی) اجرا می‌کنیم و بار دیگر در حالت افزایش با شیب بیشتر حالت ۲.



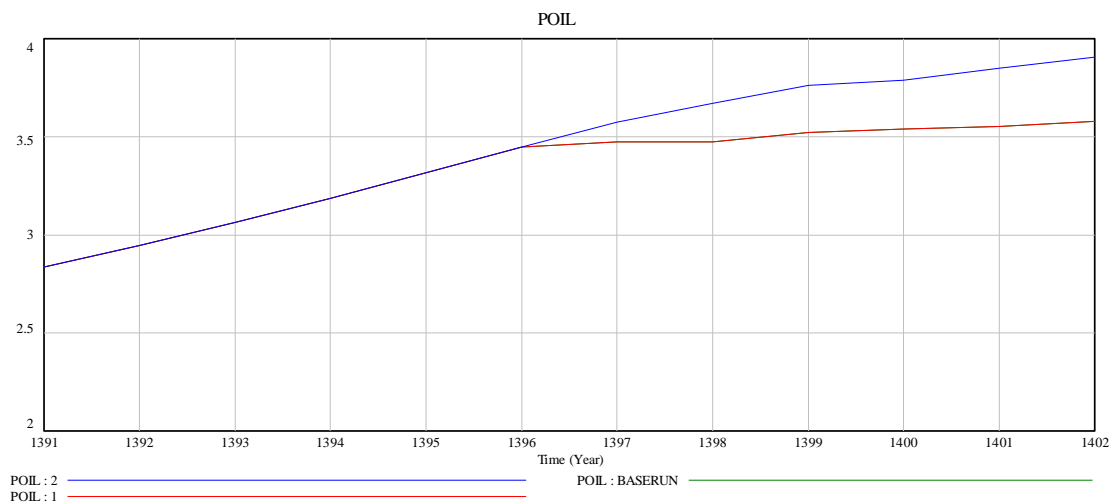
تغییرات GDP پس از افزایش قیمت نفت به صورت افزایش مثبت نسبت به حالت پایه می‌باشد، تغییرات مصرف فرآورده‌های نفتی پس از افزایش قیمت نفت نیز به صورت کاهش در مقادیر آنها می‌باشد، نمودار تغییرات در مصرف کل انرژی پس از افزایش قیمت نفت دارای شیب منفی می‌باشد، تغییرات مصرف بخش دولتی پس از افزایش قیمت نفت نسبت به حالت پایه افزایشی است.

تغییرات مصرف بخش خصوصی پس از افزایش قیمت نفت ثابت می‌باشد، تغییرات سرمایه‌گذاری غیر از انرژی پس از افزایش قیمت نفت و تغییرات سرمایه‌گذاری بخش انرژی پس از افزایش قیمت نفت به صورت مثبت و افزایشی هستند، تغییرات درآمدهای مالیاتی بخش دولتی پس از افزایش قیمت نفت با شیب کم مثبت و تغییرات سرمایه‌گذاری بخش انرژی پس از افزایش قیمت نفت و تغییرات سرمایه‌گذاری بخش نفت پس از افزایش قیمت نفت مثبت می‌باشند.

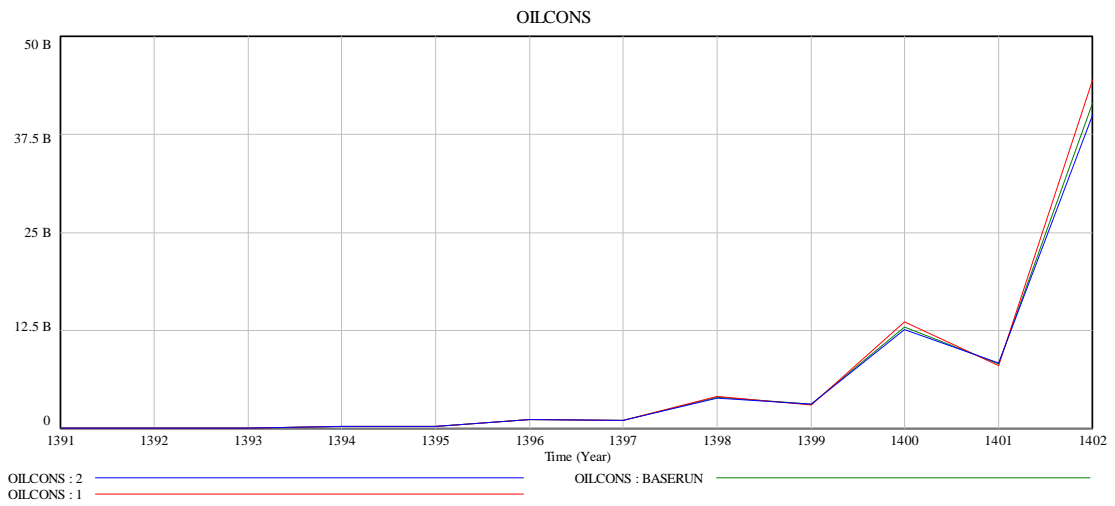
۲-۴-۴ تغییرات مصرف فرآورده‌های مختلف انرژی در اثر تعدیل قیمت‌های انرژی

همانطور که گفته شد، در سناریوهای مختلف اجرا شده بر روی مدل مورد پژوهش، در اثر یک سری تعدیلات قیمتی مانند کاهش و افزایش و تثبیت قیمت نفت، گاز، الکتریسیته در انواع بخش‌های خانگی و صنعت و کشاورزی، تغییرات در بخش مصرف و تقاضای هر یک از زیر بخش‌های مربوط قابل مشاهده است.

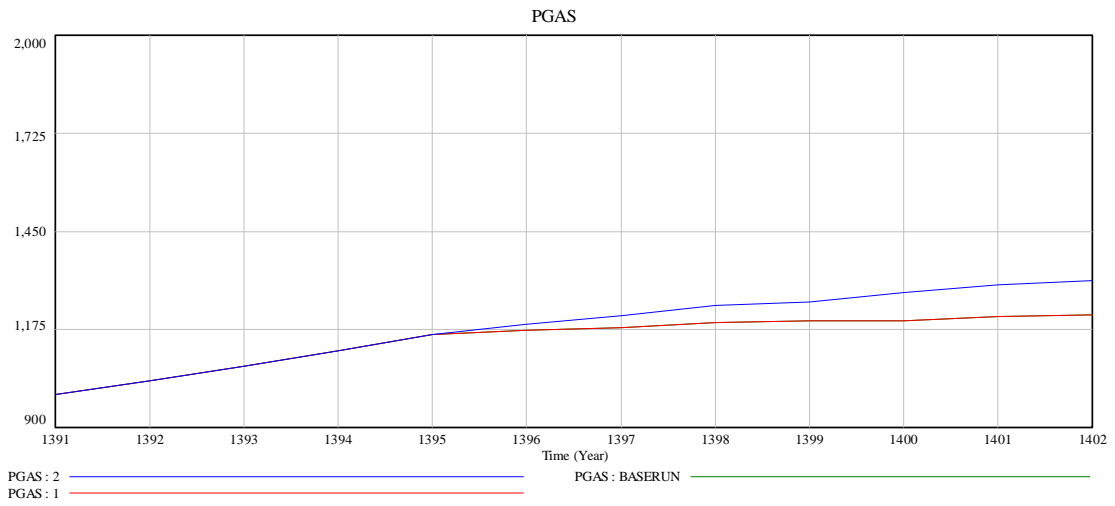
به‌طوریکه با افزایش قیمت نفت، مصرف فرآورده‌های نفتی و تقاضای آن کاهش پیدا کرده است. تغییرات در نمودارهای مختلف در ذیل نشان‌داده شده است. با افزایش قیمت حامل انرژی گاز، تقاضای آن نیز کاهش پیدا کرده و در بخش الکتریسیته هم مانند سایر بخش‌های انرژی با افزایش قیمت حامل‌ها، مصرف و تقاضا با کاهش مواجه شده‌اند.



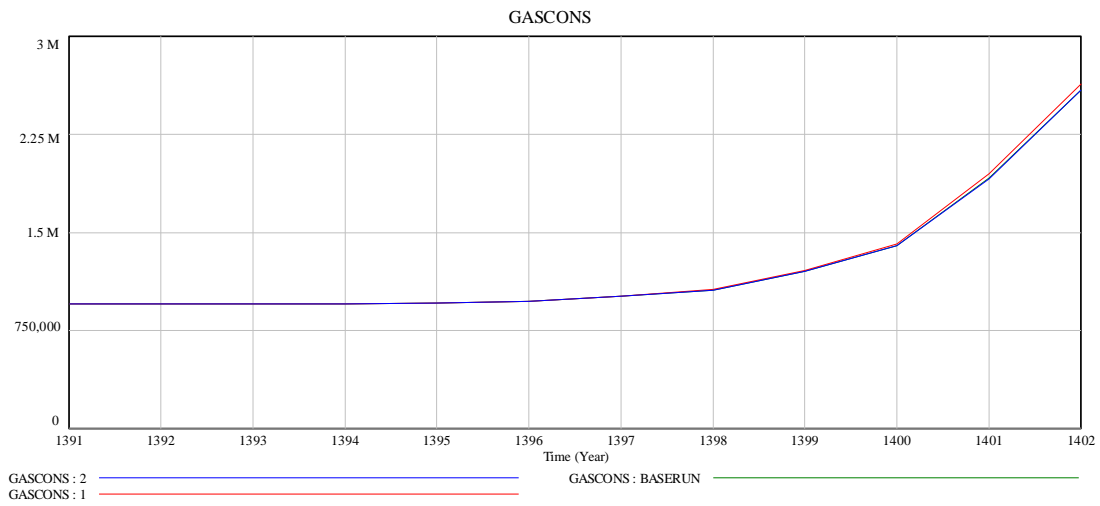
نمودار (۲۵-۴) تعدیل قیمت نفت در مدل



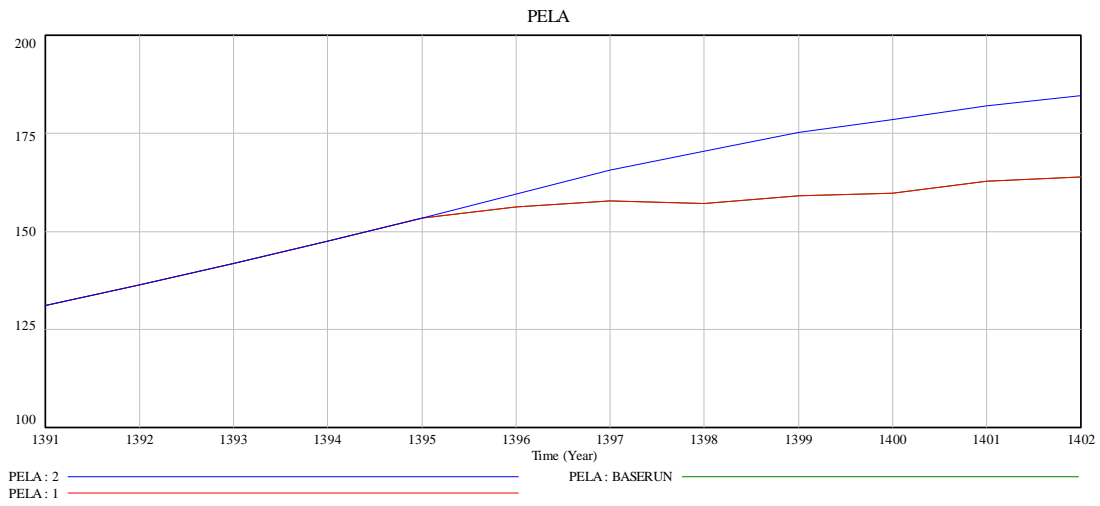
نمودار (۴-۲۶) تغییرات مصرف فرآورده‌های نفتی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی نفت و سایر



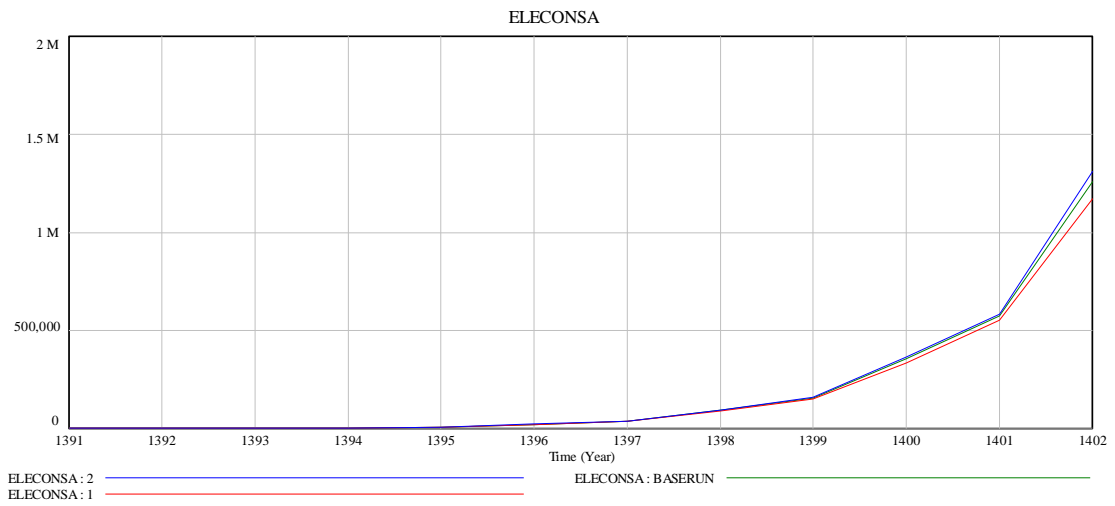
نمودار (۴-۲۷) تعدیل قیمت گاز در مدل



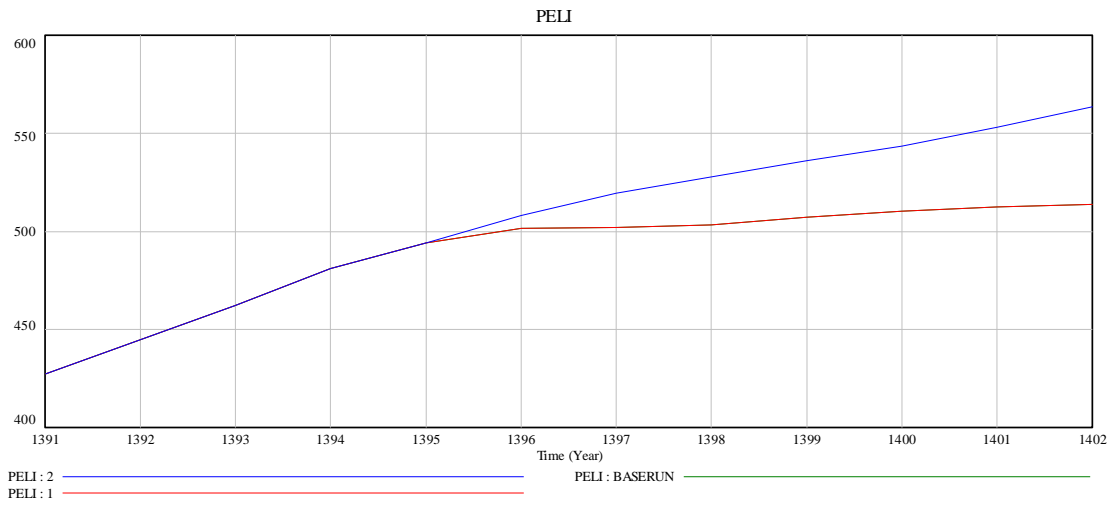
نمودار (۴-۲۸) کاهش مصرف گاز طبیعی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی گاز و دیگر



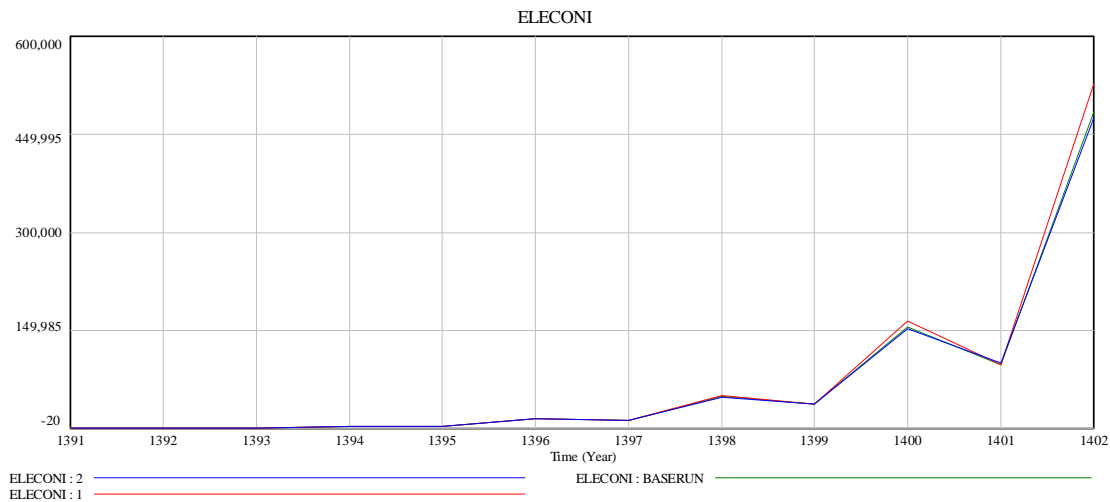
نمودار (۴-۲۹) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش کشاورزی



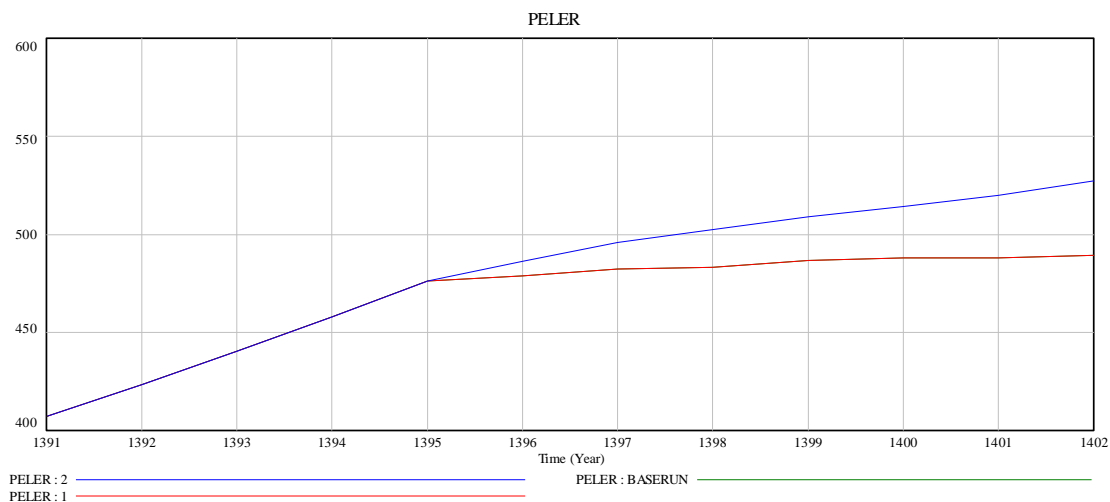
نمودار (۳۰-۴) کاهش مصرف الکتریسیته در بخش کشاورزی تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی برق و دیگر



نمودار (۳۱-۴) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش صنعت



نمودار (۴-۲۲) کاهش مصرف الکتریسیته در بخش صنعت تحت تاثیر تعدیل قیمت حامل انرژی برق و دیگر

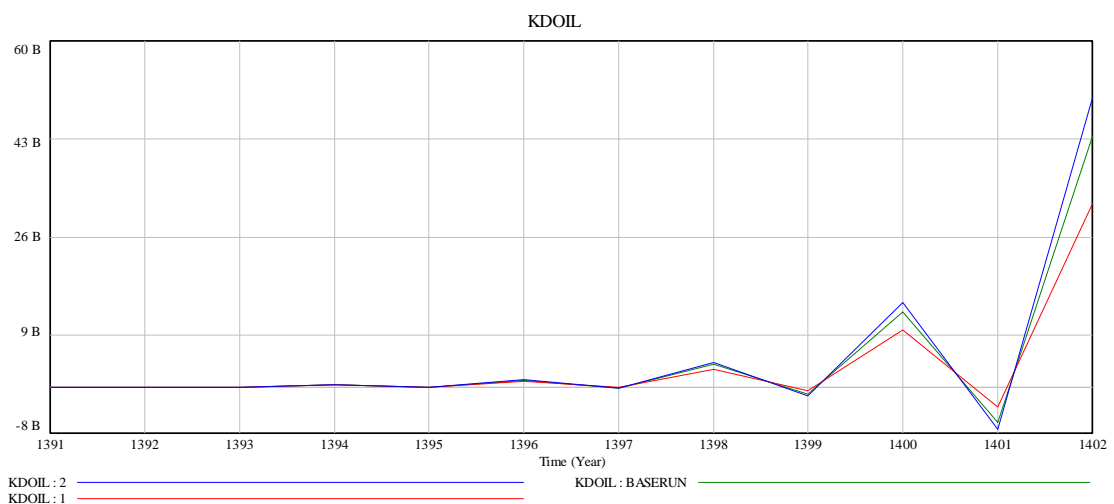


نمودار (۴-۲۳) تعدیل قیمت الکتریسیته در بخش مسکونی

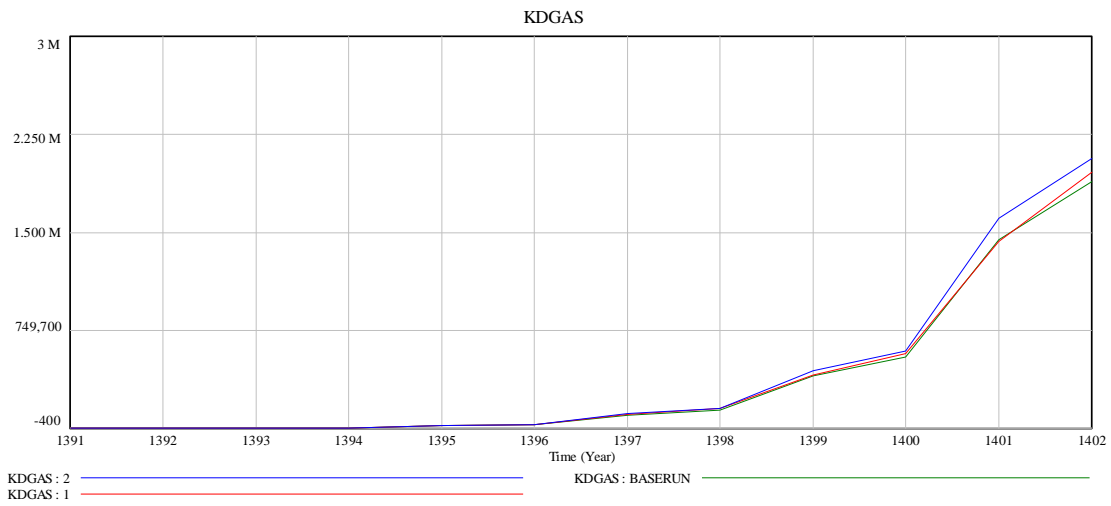
۴-۴-۳ اثر تغییرات قیمت حامل های انرژی بر سرمایه گذاری انرژی

همان گونه که انتظار می رود، با افزایش و کاهش در قیمت یارانه ها و حامل های انرژی، میزان سرمایه گذاری ها از طرف بخش خصوصی و شاخه های دولتی تحت تاثیر قرار می گیرند. مصرف و سرمایه گذاری در بخش انرژی همانطور که در مدل نیز قابل مشاهده است، تحت تاثیر قیمت حامل های انرژی و همینطور درآمدهای حاصل از صادرات نفت می باشد. به طوریکه با توجه به سه سناریو تعریف شده در شبیه سازی مدل، رفتارهای متفاوتی مشاهده شده است. در سناریو پایه یا BASERUN مدل در

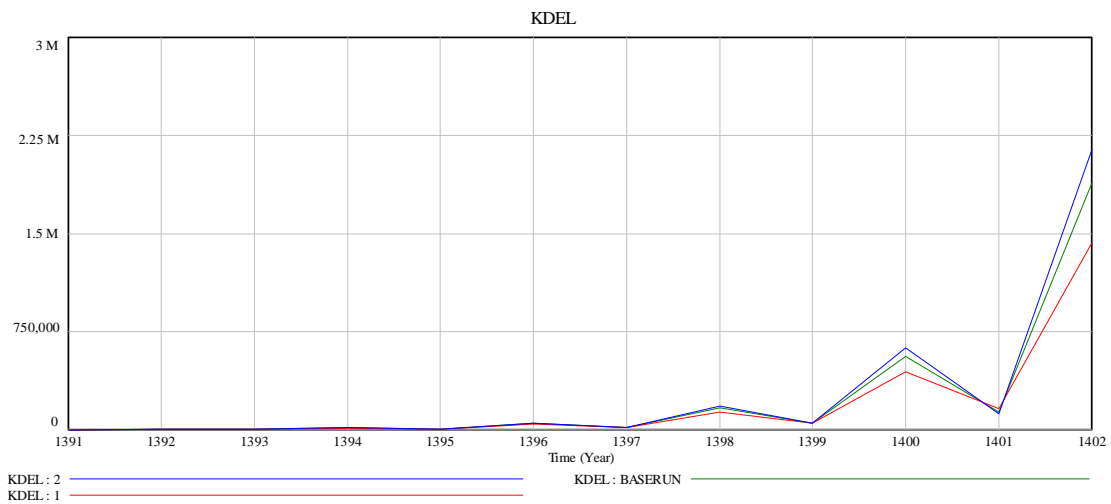
حالت واقعی و با توجه به روند تاریخی متغیرها در واقعیت اقتصاد کشور تخمین زده شد، مدل به- صورت پایه اجرا و نتایج در نمودارهای مربوط به شبیه‌سازی در ادامه سناریو مربوط آورده شده‌اند. سناریوهای دیگری تحت عنوان سناریو ۱ و سناریو ۲ نیز اجرا شدند. جمع‌بندی روند نتایج این سناریوها، مشاهدات زیر را به دست آورده است که، در سناریو ۱، با فرض ثابت بودن قیمت حامل‌های انرژی و ثابت بودن درآمد حاصل از فروش و صادرات نفت، سرمایه‌گذاری‌ها در بخش انرژی با کاهش روبرو شده است و مقدار مصرف با توجه ثبات قیمت‌ها شیب مثبت ولی بسیار کم داشته است. و در سناریو ۲، با افزایش قیمت حامل‌های انرژی با توجه به نرخ تورم و افزایش درآمدهای نفتی مطابق با قیمت جهانی نفت و رفع تحریم‌های بین‌المللی و افزایش صادرات، مصرف انرژی کاهش می‌یابد و بخش سرمایه‌گذاری مدل با توجه به افزایش قیمت حامل‌ها صرفاً شیب منفی پیدا نکرده است و به دلیل وجود درآمدهای نفتی و همین‌طور افزایش درآمدهای حاصل از فروش انرژی در کشور فرصت و هزینه سرمایه‌گذاری در کشور تا حدودی تامین می‌شود، می‌توان گفت تاثیرگذاری درآمدهای نفتی در سرمایه‌گذاری بیشتر از تعدیل قیمت‌های انرژی می‌باشد.



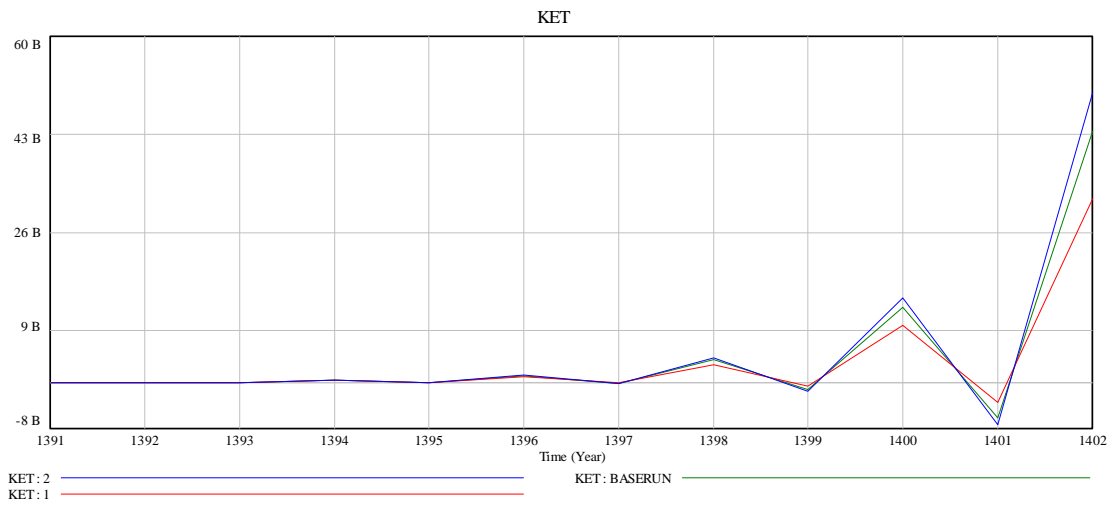
نمودار(۴-۳۴) تغییرات سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای تولید نفت و فراورده‌های نفتی با تعدیل قیمت نفت و درآمدهای نفتی در اقتصاد



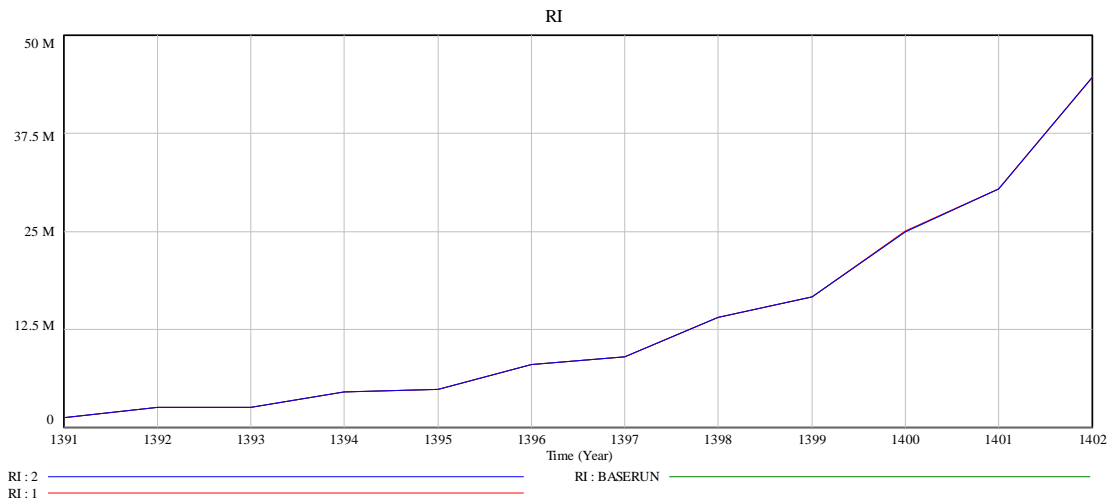
نمودار (۳۵-۴) تغییرات سرمایه گذاری مورد نیاز برای تولید گاز با تعدیل قیمت گاز و درآمدهای حاصل از صادرات نفت



نمودار (۳۶-۴) تغییرات سرمایه گذاری مورد نیاز برای تولید الکتریسیته با تعدیل قیمت الکتریسیته و درآمدهای نفتی



نمودار (۳۷-۴) تغییرات کل سرمایه‌گذاری مورد نیاز در انرژی با تعدیل قیمت‌های انرژی



نمودار (۳۸-۴) تغییرات کل سرمایه‌گذاری در اقتصاد با تعدیل قیمت‌های انرژی

فصل پنجم

جمع‌بندی و پیشنهادات

نتایج

در مدل طراحی شده، ارتباط بین بخش انرژی و بخش سرمایه‌گذاری در اقتصاد به طور دقیق تعریف شد، به طوری که آثار اقتصادی تحولات بخش انرژی در متغیرهایی چون درآمدهای نفتی، سرمایه‌گذاری در بخش انرژی شامل سرمایه‌گذاری در بخش نفت، سرمایه‌گذاری در بخش گاز و سرمایه‌گذاری در بخش برق، قیمت‌های داخلی انرژی شامل قیمت‌های برق در زیر بخش‌های خانگی - تجاری و صنعتی و کشاورزی، گاز و فرآورده‌های نفتی، مصرف داخلی انرژی شامل مصرف برق، گاز و فرآورده‌های نفتی قابل ارزیابی است، و ساختار مدل جنبه تقاضای اقتصاد را در حالت تعادلی تشریح کرد. پارامترهای مدل طراحی شده کالیبره شدند و داده‌های تاریخی بعنوان ورودی مدل به تخمین و پیش بینی در آینده کمک می‌کند. با سناریوسازی‌های دقیق رفتار مدل مورد مطالعه قرار گرفت و به این صورت به سوالات اصلی پژوهش پاسخ می‌دهیم:

با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان به سوالات اصلی تحقیق چنین پاسخ داد:

۱. سوال اصلی تحقیق: تعدیل قیمت انرژی چه تأثیری بر سرمایه‌گذاری‌های بخش انرژی خواهد

گذاشت؟

در یک مدل سیستم دینامیک یا پویایی سیستمی، پس از طراحی مدل و کالیبره کردن متغیرهای مدل، می‌توان اثر تغییر متغیرهای مدل بر یکدیگر را به راحتی مشاهده نمود و مورد تحلیل قرار داد. در این پژوهش متغیرهای کلان اقتصادی مانند تولید ناخالص ملی و متغیرهای انرژی مانند سرمایه‌گذاری در انرژی، قیمت حامل‌های انرژی و مصرف انرژی در مدلی پویا قرار داده شده و در نتیجه اثر متقابل این متغیرها بر هم مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مصرف و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی همانطور که در مدل نیز قابل مشاهده است، تحت تاثیر قیمت حامل‌های انرژی و همینطور درآمدهای حاصل از صادرات نفت می‌باشد. به طوری که با توجه به سه سناریو تعریف شده در شبیه‌سازی مدل، رفتارهای متفاوتی مشاهده شده است. در سناریو پایه یا

BASERUN مدل در حالت واقعی و با توجه به روند تاریخی متغیرها در واقعیت اقتصاد کشور تخمین زده شد، مدل به صورت پایه اجرا و نتایج در نمودارهای مربوط به شبیه‌سازی در فصل چهار آورده شده‌اند. سناریوهای دیگری تحت عنوان سناریو ۱ و سناریو ۲ نیز اجرا شدند. جمع‌بندی روند نتایج این سناریوها، مشاهدات زیر را به دست آورده است که، در سناریو ۱، با فرض ثابت بودن قیمت حامل‌های انرژی و ثابت بودن درآمد حاصل از فروش و صادرات نفت، سرمایه‌گذاری‌ها در بخش انرژی با کاهش روبرو شده است و مقدار مصرف با توجه به ثبات قیمت‌ها شیب مثبت ولی بسیار کم داشته است. و در سناریو ۲، با افزایش قیمت حامل‌های انرژی با توجه به نرخ تورم و افزایش درآمدهای نفتی مطابق با قیمت جهانی نفت و رفع تحریم‌های بین‌المللی و افزایش صادرات، مصرف انرژی کاهش می‌یابد و بخش سرمایه‌گذاری مدل با توجه به افزایش قیمت حامل‌ها صرفاً شیب منفی پیدا نکرده است و به دلیل وجود درآمدهای نفتی و همین‌طور افزایش درآمدهای حاصل از فروش انرژی در کشور فرصت و هزینه سرمایه‌گذاری در کشور تا حدودی تامین می‌شود، می‌توان گفت تاثیرگذاری درآمدهای نفتی در سرمایه‌گذاری بیشتر از تعدیل قیمت‌های انرژی می‌باشد.

۲. سوال فرعی تحقیق: چگونه می‌توان از رویکرد پویایی سیستمی برای مدیریت عرضه انرژی در

بلندمدت استفاده کرد؟

هر مدیر، برای تصمیم‌گیری و اتخاذ سیاست‌های تاثیرگذار در بخش تحت مدیریت خود، نیاز به یک دید یا شمای کلی از آینده آن سیاست داشته باشد. مدل‌سازی به روش پویایی سیستمی این امکان را در اختیار می‌گذارد تا با شبیه‌سازی آنچه در برنامه‌های خود دارند نتایج را در کوتاه‌مدت و بلندمدت مشاهده نمایند. همانطور که در تئوری‌های اقتصادی مطرح شده است، با افزایش قیمت کالاهای نرمال، مصرف آنها کاهش می‌یابد. مدل سیستم دینامیک به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا به پایدارترین مدل دست یافته و آن را به مرحله اجرا برسانند.

انرژی نیز که یک کالای نرمال محسوب می‌شود از این قاعده پیروی می‌کند و نتایج مدل طراحی شده این گفته را تایید می‌کند که در نمودارها قابل رویت هستند. این نمودارها ابزارهای تحلیلی برای

تحلیل گر فراهم می آورد.

مدلی که سیستم دینامیک ارائه می دهد، با در نظر گرفتن تمام شرایط به صورت پویا و قابل تغییر، با توجه به واقعیت، قادر به پیش بینی و ارائه رفتاری واضح از یک متغیر در یک بازه زمانی می باشد، این رفتارها را با مقادیر و نمودارها به تحلیل گر نشان داده و بنابراین تحلیل گر اقتصادی که می تواند مدیریت عرضه انرژی در کشور را به عهده داشته باشد و مدل مورد نظر سرمایه گذاری در زمینه های مختلف انرژی را مورد بررسی و پیش بینی قرار دهد.

با استفاده از ابزارهایی که این رویکرد در اختیار یک مدیر قرار می دهد، او قادر خواهد بود تحلیلی جامع و نزدیک به واقعیت از میزان سرمایه گذاری انرژی، میزان مصارف در بخش های مختلف انرژی، تاثیرپذیری اجزا مختلف را از متغیرهای اقتصادی انجام دهد، در شرایط مختلف، تورم سطح پایین، رکود اقتصادی، تحریم های بین المللی، جنگ و... تمامی شرایط در یک مدل اقتصادی قابل اعمال و قابل توجیح می باشند. به طور کلی وقتی که مدیریت انرژی قصد تعدیل قیمت هر یک از حامل های انرژی را داشته باشد و توانایی پیش بینی تاثیر این تعدیل را داشته باشد و یا قصد سیاست گذاری در زمینه های مختلف انرژی را داشته باشد، بهترین ابزار برای تصمیم گیری و سیاست گذاری را در اختیار یک مدیر قرار می دهد.

محدودیت های تحقیق

همواره در مراحل انجام تحقیق محدودیت هایی وجود دارد که باعث کندی مراحل انجام تحقیق می شود. یکی از مشکلات این تحقیق گستردگی متغیرها و طیف داده های دنیای اقتصاد بود که احتیاج به تخصص کافی در زمینه های مختلف از جمله یادگیری نرم افزار های مرتبط با رشته اقتصاد مانند Stella، Eviews و Vensim داشت تا بتوان با استفاده از تکنیک پویایی شناسی سیستمی همه اجزا را در کنار هم قرار داد و مدل را تدوین کرد. این بعد از کار همواره بسیار وقت گیر بوده و نیاز به صرف وقت فراوان در رسیدن به جواب مناسب داشت زیرا در رشته MBA هیچ یک از سرفصل های مربوطه تدریس نمی شود و این جانب به دلیل نداشتن آشنایی لازم مجبور به یادگیری پایه ای در این

باب شدم. پیچیدگی و گستردگی رویکرد مورد مطالعه و کم بودن تعداد افراد متخصص در سیستم دینامیک از مشکلات دیگر در راه انجام پایان نامه بود. همچنین جمع‌آوری داده‌های ترازنامه‌ای با دشواری‌هایی همراه بود که می‌توان از آن به عنوان مشکلی دیگر در انجام این پژوهش اشاره کرد زیرا داده‌ها یکسان و یک‌دست نبودند و تبدیل واحد آنها بسیار زمان‌بر بود.

پیشنهادات

گسترده‌گی و جزئیات دنیای اقتصاد به قدری فراگیر می‌باشد که برای بررسی یک عنصر از این عالم نیاز به تفکر و دقت فراوانی است، حال این بررسی‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای دقیق باشد و یا با محاسبات انسانی، هر یک سختی کار و دقت و مشقت خود را دارا می‌باشد. هدف بنده از انجام این پایان‌نامه در مقطع کارشناسی ارشد رشته مدیریت MBA یادگیری نرم‌افزار دقیق و حساس VENSIM و رویکرد سیستم دینامیک در یک مدل پویا به صورت واقعی بوده است.

در ابتدای راه، برای یادگیری این نرم‌افزار با وقت زیادی که صرف یادگیری این نرم‌افزار شد و بیشتر جزئیات انجام‌شده در مدل را با استفاده از قسمت‌های آموزشی خود نرم‌افزار و فایل‌های آموزشی در اینترنت و کمک اساتید محترم و دلسوزم اجرا کردم، در بیشتر قسمت‌ها و بخش‌ها برداشت و رای شخصی بنده در طراحی مدل تاثیر داشته است، که ممکن است با توجه به گستردگی و وجود اجزا مختلف در مدل، بعدها خواننده محترم یا بنده به این نتیجه برسیم که ابتکارات ریز و درشت و روش-های انجام‌شده اشتباه بوده و نیاز به تغییر رویه دارند.

با انجام این پایان‌نامه با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی آشنا شدم و توانستم با نرم‌افزار کاربردی VENSIM یک مدل پویا طراحی و شبیه‌سازی کنم که تاحدودی با واقعیت اقتصاد ایران تطابق دارند. ماموریت اصلی پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آشنا کردن دانشجویان با روش تحقیق و پژوهش و ابزارهای آن است، و نتایج از اهمیت ثانویه برخوردار است.

پیشنهاد می‌گردد دانشجویان مدیریت MBA بیشتر از ابزارهای جدید مدل‌سازی خصوصا VENSIM بهره‌جویند تا با آنها کاملا آشنا شوند، و در مسائل مدیریتی بیشتر از این رویکرد (رویکرد پویایی-شناسی سیستمی) برای اتخاذ سیاست‌های کلی در سازمان‌ها استفاده کنند تا سیاست‌گذاری‌ها و تصمیم‌گیری‌های مطمئن‌تر انجام پذیرد.

اما در مورد تحقیق حاضر پیشنهاد می‌گردد با توجه به پیچیده بودن و گسترده بودن روابط بخش‌های مختلف، این تحقیق بصورت وسیع‌تر بصورت یک یا چند پروژه مطالعاتی در مراکز تصمیم‌گیری کلان انرژی تعریف شود و در آنجا با استفاده از خبرگان و کارشناسان انرژی و اقتصاد یک مدل کلان انرژی مانند بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته طراحی گردد و از نتایج آن جهت اخذ تصمیمات سیاستی مانند تعدیل، حجم یا جابجایی یارانه‌های انرژی، مالیات‌های وارده بر عرضه و تقاضای انرژی و قیمت-گذاری انرژی بصورت جدی استفاده گردد تا عواقب تصمیمات کلان در سرمایه‌گذاری انرژی و اثرات آن در کلان اقتصاد قابل پیش‌بینی گردند.

منابع

- اسلامی اندارگلی م. صادقی ح، قنبری ع. محمدی خبازان م، (۱۳۹۱، تابستان)؛ "اثرات رفاهی نقدینه کردن یارانه های انرژی بر اقتصاد ایران"، فصلنامه پژوهش های اقتصادی، ش ۲، ص ۳۹-۶۰
- امامی ک، (۱۳۹۳)؛ "طرح پژوهشی الگوی اقتصاد کلان سنجی ایران"، کد مستند R.R. RE.03.026، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی معاونت پژوهشی دفتر طرح های پژوهشی ریاست جمهوری، ۱۳۹۳/۰۶/۰۲.
- اورعی م. ابو نوری ع. محمدی ه، (۱۳۹۳)؛ "بررسی اثرات تغییر قیمت برق کشاورزی و سوخت ناشی از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه ها بر شاخص اقتصادی نسبت سود به هزینه کشت پسته در دشت رفسنجان"، پژوهش نامه اقتصاد انرژی ایران، سال سوم، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱-۲۸.
- آرمن ع. کمالی پ. هیبیتی ر، (۱۳۸۹)؛ "بررسی رابطه بین مصرف حامل های انرژی و تولید صنعتی در ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هفتم، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۱۹ تا ۴۶.
- آماده ح، (۱۳۹۲)؛ "تحلیل اقتصادسنجی تقاضای نفت گاز در زیر بخش حمل و نقل جاده ای - مقایسه رهیافت هم انباشتگی و STSM"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۹، پاییز ۱۳۹۲، صفحات ۵۱ تا ۷۵.
- آماده ح. قاضی م. عباس فر ز، (۱۳۸۸)؛ "بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش های مختلف اقتصاد ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶، بهار ۸۸، صفحات ۳۸.
- آماده ح. غفاری ع. فرج زاده ز، (۱۳۹۳)، "تحلیل اثرات زیست محیطی و رفاهی اصلاح یارانه حامل های انرژی (کاربرد الگوی تعادل عمومی محاسبه پذیر)"، پژوهش نامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۳۳-۶۲.
- آمار رسمی منتشره از آژانس بین المللی انرژی، ۲۰۱۰.
- آموزش مدیریت انرژی، تشریح بند "و" تبصره ۱۹ قانون برنامه سوم توسعه و آئین نامه های اجرایی آن، ۱۳۹۴.
- باستانزاد ح. نیلی ف، (۱۳۸۳)؛ "اهداف سیاستی قیمت گذاری حامل های انرژی در اقتصاد ایران"، ۱۳۸۳.
- بانک مرکزی ایران؛ گزارش اقتصادی و ترازنامه، حساب های ملی ایران (سال های ۱۳۳۸-۱۳۹۲).

برنامه‌ریزی سالانه مصرف انرژی و روش‌های ارائه ترانزنامه انرژی: دانشکده صنعت آب و برق، ۱۳۹۳.

بزازان ف. موسوی م. قشمی ف، (۱۳۹۴)؛ "تاثیر هدفمندی یارانه انرژی برق بر تقاضای خانوارها به تفکیک شهر و روستا (یک رهیافت سیستمی)"، پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۴، صفحات ۱-۳۲.

ترابی م، (۱۳۸۷)؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "روابط متقابل بخش انرژی و اقتصاد کلان (با رویکرد سیستم دینامیک)"، دانشکده معارف اسلامی و اقتصاد، دانشگاه امام صادق (ع).

محمدی ت. ناظمان ح. نصرتیان نسب م، (۱۳۹۱). "رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران (تحلیلی از مدل‌های علیت خطی و غیر خطی) پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران"، سال دوم، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۱۵۳-۱۷۰.

حسن‌زاده ع، (۱۳۹۱)؛ "اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در جمهوری اسلامی ایران"، تازه‌های اقتصاد، دوره جدید، سال هفتم، شماره صد و بیست و شش، Archive of SID.

حسینی م. براتی ح. فروزبخش ف، (۱۳۹۲)؛ "بررسی و تحلیل روش‌های مشارکت سرمایه‌گذاری BOT با تأکید روش در ساخت نیروگاه‌های بادی"، هجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، 98-F-SEA-198

خیابانی ن، (۱۳۸۷، بهار)؛ "یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه برای ارزیابی افزایش قیمت تمامی حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران"، فصل‌نامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۶، صفحات ۱-۳۴.

دفتر بررسی‌های اقتصادی، (۱۳۸۸)؛ "نقد الگوی اقتصاد سنجی کلان برنامه سوم از چند زاویه"، معاونت پژوهشی، گزارش شماره ۵۴۰۵۰۱۶.

رجایی ی. احمدی ش، (۱۳۹۱)؛ "برآورد تابع مصرف بخش خصوصی در اقتصاد ایران طی دوره (۱۳۳۸-۱۳۸۵)"، فصل‌نامه مدیریت توسعه و تحول، آذر ۱۳۹۱، صفحه ۶۷-۷۵.

رضایی ح. ولی‌تبار ی. شیخها س، (۱۳۹۲)؛ "مدل‌سازی پویای تاثیر توقیف مواد مخدر بر افزایش جرم"، دانشکده علوم اقتصادی، دانشکده اقتصاد.

سازمان برنامه و بودجه؛ (۱۳۶۹)؛ "روش‌های برنامه‌ریزی در برنامه اول توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران"؛ تهران، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۶۹.

سازمان برنامه و بودجه؛ (۱۳۷۲)؛ "مستندات برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران"؛ تهران، سازمان برنامه و بودجه، جلد پنجم، ۱۳۷۲.

سیف الهی بارزجانی ا، (۱۳۸۲)؛ " بررسی تطبیقی قیمت تمام شده تولید یک کیلووات ساعت برق در شرکت برق منطقه ای تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد موسسه تحقیقات و آموزش مدیریت (وزارت نیرو)، (۱۳۸۲).

شبستری م، (۱۳۹۲)؛ " نظریه های مصرف و سرمایه گذاری فصل ششم اقتصاد کلان دکتر حسن نظری " <http://www.modiran98.blogfa.com>.

شکیبایی ع. احمدلو م، (۱۳۹۰)؛ " بررسی رابطه بین مصرف حامل های انرژی و رشد زیر بخشهای اقتصادی طی دوره ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶: رهیافت تصحیح خطای برداری". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هشتم، شماره ۳۰، پاییز ۹۰، صفحات ۱۸۱ تا ۲۰۳.

صاحب نظر ح. و ندیری ک، (۱۳۹۲)؛ " تحلیل اقتصادی اثر افزایش درآمدهای نفتی بر توزیع درآمد با رویکرد BVAR، مطالعه موردی ایران"، پژوهش نامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۹، زمستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۴۹-۱۱۵

صادقی ک. رنج پور ر. مختارزاده خانقاهی ن، (۱۳۹۳)؛ " مدل سازی رابطه بین مصرف برق و توسعه مالی در اقتصاد ایران"، فصل نامه اقتصاد انرژی ایران، سال سوم، شماره ۱۰، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۱۴۹-۱۳۱.

صادقی ح. سلمانی ی. سهرابی وفا ح، (۱۳۹۱)؛ " بررسی اثر افزایش قیمت حامل های انرژی بر رفاه مصرف کنندگان بخش خانگی با استفاده از سیستم تقاضای تقریبا ایده آل AIDS"، فصل نامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال نهم، شماره ۳۵، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۲۳ تا ۶۴

صمدی ع. امامی میبیدی م، (۱۳۹۴). بررسی تاثیر گسترش منابع گازی نامتعارف بر تولید گاز طبیعی ایران، رویکرد پویایی شناسی سیستمی، پژوهش نامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۵، تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۴۲-۱.

لطفعلی پور م. باقری ا، (۱۳۸۲)؛ " تخمین تابع تقاضای گاز طبیعی مصارف خانگی شهر تهران"، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران"، شماره ۱۶ پاییز ۱۳۸۲، صفحات ۱۵۱ تا ۱۳۱.

محمدزاده پ. بهبودی د. ابراهیمی س، (۱۳۹۲)؛ " رابطه میان مصرف انرژی و توسعه مالی در ایران"، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال دهم، شماره ۳۹، زمستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۰۴ تا ۷۷.

محمودی ن. شاهنوشی ن، (۱۳۸۸)؛ " سرمایه گذاری، مصرف انرژی و آلودگی در کشورهای در حال توسعه"، هشتمین همایش دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران، صفحه ۲۵.

معاونت امور اقتصادی اجتماعی و هماهنگی دفتر اقتصاد کلان؛ (۱۳۷۸)؛ "مستندات برنامه سوم توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران"؛ تهران، سازمان برنامه و بودجه، جلد پنجم، چاپ اول، ۱۳۷۸.

مقدس ر، (۱۳۷۳)؛ "برآورد دستگاه معادلات اقتصادسنجی برای اقتصاد ایران در بخش صنعت سالهای (۱۳۴۰ تا ۱۳۷۰"، پایان نامه جهت اخذ دانشنامه دکتری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

مرکز آمار ایران (۱۳۷۷)، ریاست جمهوری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آمار انرژی. <http://www.amar.org.ir>

منظور د. حقیقی ا. ابراهیم آقابائی م، (۱۳۹۱)؛ "تحلیل آثار سرمایه‌گذاری در صنعت برق: مقایسه‌ی بازار تنظیم‌شده و بازار رقابتی"، فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی، سال نهم، شماره‌ی ۳۵، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۴۷ تا ۷۴.

منظور د. رضایی ح، (۱۳۹۲، بهار)؛ "اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر قیمت برق در بازار تجدیدساختاریافته: رویکرد پویایی سیستمی"، فصل‌نامه علمی پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه، شماره‌ی ۱، صفحات ۱۰۵-۹۸.

منظور د. رضایی ح، (۱۳۹۲، زمستان)؛ "بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای: رویکرد پویایی سیستمی"، فصل‌نامه اقتصاد انرژی ایران، شماره ۹، صفحات ۲۱۵-۱۹۹.

منظور د. رضایی ح، (۱۳۹۲، زمستان)؛ "بررسی اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان ظرفیت‌سازی و تولید برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی"، فصل‌نامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۶۴، صفحات ۴۶-۲۵.

محمدی ت. خداپرست پیر سراری ی. ناظران ح، (۱۳۹۳، بهار)؛ "بررسی رابطه علیت پویای بین توسعه مالی، باز بودن تجاری و رشد اقتصادی؛ مقایسه موردی دو کشور نفتی ایران و نروژ"، فصل‌نامه اقتصاد انرژی ایران، سال سوم، شماره ۱۰، بهار ۱۳۹۳، صفحات ۱۵۱-۱۵۸.

مولایی م. رضایی ح، (۱۳۹۱، تابستان)؛ "فرآیند تعیین قیمت تعادلی در بازار برق ایران با رویکرد پویایی سیستمی"، فصل‌نامه اقتصاد مقداری، شماره‌ی ۲، صفحات ۸۶-۷۱.

نظیفی نایینی م. فتاحی ش. صمدی س، (۱۳۹۲) "نوسانات قیمت انرژی در مدل‌های رگرسیون چرخشی و شبکه عصبی، مجله پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی"، سال یکم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۷۶-۵۹

نوفرستی م. عرب مازار ع، (۱۳۷۳)؛ "بررسی ساختار الگوی اقتصادسنجی کلان ایران، تهران"، وزارت امور اقتصادی و دارایی، چاپ اول، ۱۳۷۳.

نوفرستی م. عرب مازار ع، (۱۳۷۵)؛ "شناخت الگوی اقتصاد سنجی کلان ایران، تهران، وزارت امور اقتصادی و دارایی"، چاپ اول، ۱۳۷۵.

نوفرستی م. جلوی م، (۱۳۹۱)؛ "بررسی اثر افزایش قیمت حامل های انرژی بر متغیرهای عمده اقتصاد کلان ایران در چارچوب یک الگوی اقتصاد سنجی کلان ساختاری"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۲، صفحه ۱۸۵-۲۰۵.

وزارت رفاه و تأمین اجتماعی، (۱۳۸۷)؛ "هدفمندسازی یارانه‌ها: تجربه‌ی کشورها معاونت هدفمند نمودن یارانه ها و رفاه اجتماعی"، دفتر یارانه ها، ویرایش اول، صفحه ۲.

وزارت نیرو، معاونت برق و انرژی، تراز نامه‌ی انرژی سال‌های مختلف، <http://pemoe.org.ir>.

یعقوبی ن. آذر ع. همراهی م، (۱۳۹۰)؛ "روش تحقیق در مدیریت"، چاپ اول، مشهد: مرنديز، ۱۳۹۰، صفحه ۳۶-۶۵.

...؛ (۱۳۹۱)؛ "پیش‌بینی تقاضای برق در بخش‌های مختلف مصرف ایران با استفاده از رگرسیون خطی فازی"، نهمین کنفرانس بین‌المللی انرژی، ۱۳۹۱.

مهرگان ن. سلمانی ی، (۱۳۹۳)، "شوک‌های قیمتی پیش‌بینی نشده نفت و رشد اقتصادی در ایران: کاربرد از مدل‌های چرخشی مارکف"، پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران، سال سوم، شماره ۱۲، پاییز ۱۳۹۳، صفحات ۱۸۳-۲۰۸.

یوسفی م. محمدی ت. معرف‌زاده ن، (۱۳۹۲)؛ "پیش‌بینی مقدار تقاضای نفت خام در ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و مدل (ARMAX)"، پژوهش‌نامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۷، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۱۷۰-۱۴۷.

برنامه‌ریزی سالانه مصرف انرژی و روش‌های ارائه ترازنامه انرژی: دانشکده صنعت آب و برق

Abada I. and Briat V. and Massol O. (2013); "Construction of a fuel demand function (Energy 49, 240-251, portraying interfuel substitution a system dynamics approach", journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy) Energy

Alfred L. (2013); "Urban Dynamics-The First Fifty Years." N.P, n.d. Web. 20 Jan. 2013

Assili M. and Javidi H.M. D.B. and Ghazi R. (2008). "An improved mechanism for capacity payment based on system dynamics modeling for investment planning in competitive electricity environment", journal of Energy Policy, 36, 3703-3713.

Brown E.G. and Governor J, "CALIFORNIA ENERGY DEMAND UPDATED FORECAST-2015-2025", DECEMBER 2014, CEC-200-2014-009-SD

Cleved C.J. (1984), Energy and the US economy, *A Biophysical Science*, 225:890-897.

Dyner I. (Feb, 2000). Energy Modeling Platforms for Policy and Strategy Support: The Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, No. 2. pp. 136-144.

Forrester J.W. (1998); "Properties of Damped Oscillations Systems Prepared for the MIT System Dynamics in Education Project". June 3, 1998.

Graham A. K. "Parameter Estimation in System Dynamics Modeling", MIT press, 1980

Grau T. (2014); "Responsive feed-in tariff adjustment to dynamic technology development", *Energy Economics* 44, 36-46, journal homepage: www.elsevier.com/locate/eneco

Model G. (2013); "Accident Analysis and Prevention". *Accident Analysis and Prevention journal*, Contents lists available at Science Direct, ARTICLE IN PRESS, AAP-3297; No. of Pages 11 homepage: www.elsevier.com/locate/aap.

Hubbert M. K. (1956); "Nuclear energy and the fossil fuels", *Drilling and Production Practice*, Washington: American petroleum institute, 95, pp.7-25(1956).

Islam M. and shahbaz M. and Alam M. (2011), "financial development and energy consumption Nexus in Malaysia: a multivariate time series analysis", MPRA, paper No 28403, university library of Munich, Germany.

International Energy Agency, (2010), "*World Energy Balances*", ESDS International, University of Manchester.

Liuguo L.SH and Shijing ZH. and Jianbai H. (2012), "Pricing Simulation Platform Based on System Dynamics". *Journal of Systems Engineering Procedia*, 5, 445 – 453.

MANEGE: a small macro-econometric model of the French economy ,Nicolas Carnot , Direction de la Preision, Ministry of Economy, Finance and Industry, 139 rue de Bercy, 75572 Paris Cedex 12, France ,*Economic Modeling* 20 (2002). 69_92.

MODEL DOCUMENTATION REPORT: "MACROECONOMIC ACTIVITY MODULE (MAM) OF THE NATIONAL ENERGY MODELING SYSTEM", January 2005, Office of Integrated Analysis and Forecasting, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Washington, DC.

Rogellio O.(2002), "Model Calibration as Testing Strategy for System Dynamics Models", Harvard Business School.

Peterson D.W. (1980), "Statiscal Tools for System Dynamic", 226-244, Oetrson.

Popp D. and Newell R.G. (2009)," Energy, the environment and tehcnological change", Working papers, National Pureau of Economic Research Inc.

Shilling J. D. (2004), "Can System Dynamics Flows Reach an Economic Equilibrium?", The Millennium Institute, System Dynamics Conference.

Sterman J. D. (2000). "Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world". Boston, London, Irwin McGraw-Hill.

Sterman J.D. (1998); "A Skeptic's Guide to Computer Models". Westview press, 209-229.

Tanaka H. and Uejima S. and Asai K. (1982), "Fuzzy linear model, fuzzy linear regression model", IEEE Trans. System Man Cybernet 1982; 12: 903-907.[2]

Threshold 21 (T21) Overview. (2000)," the Millennium Institute", Training Course Energy in Industry Ministry of Energy.

Volkonskii H. A. and Kuzovkin A. I.(2014). "Adjustment of Prices for Energy Resources: Studies on Russian Economic Development". Vol. 25, No. 2, pp. 122–131.

Wu Zh. and Xu J. (2013); "Predicting and optimization of energy consumption using system dynamics-fuzzy", multiple objectives programming in world heritage areas, Energy 49 (2013) 19e31, journal homepage: www.elsevier.com/locate/energy.

Abstract

This study aims at providing the effects of energy price adjustment on energy sector investment as well as investment management in the energy sector, using a system dynamic approach, with Vensim software. Provided model in this study aims at a framework consists of the production sector (GDP), consumption sector (both private and government sector consumption), the investment includes investment in the energy sector and other sectors (non-energy), and energy, including oil and gas and electricity. In this model the causal relationship between the energy sector and other sectors of the economy have been simulated through dynamic systems approach, parameters of the model variables obtained through the software Eviews with historical data entry and then were calibrated.

Then through three scenarios, Sensitivity analysis of the model and the effects of price changing of the energy containers on energy consumption, energy investment and GDP growth, as a major strategy of energy section have been examined to assess those impacts on energy investment management. In order to that assessment, three scenarios have been established: Base run) the trend in energy prices changes and oil revenues are assumed to be real; 1) decrease of revenues from oil export till 1395 and oil revenues stabilization since 1395, and constant prices of other energy carriers, then as a result the investment in the energy sector dropped, and the slope of consumption amounts is very low but positive due to price stabilization.

; And 2) increase in oil revenues from export, according to world oil prices & the lifting of international sanctions, increase in energy prices in lower level of inflation. So in result of that, energy consumption decreased. The investment sector of this model did not fall because of higher oil export revenue and also increase in energy revenues from the sale in the country. According to the results of the model decision makers in the energy sector would give the best policy and solutions to the government and organizations, so that, given shortage of energy resources in the world and the reduction of these resources, supplying these resources are managed and controlled in the economy.

Key words: Energy, energy prices adjustment, energy sector investment



Faculty of Industrial Engineering and Management
MSc Thesis in Master Of Business Administration

**Assessment the impacts of energy prices adjustment on energy sector
investment (A System Dynamic Approach)**

By: Fatemeh Qahramani

Supervisor:

Dr. Mohammad Ali Molaei

Consultant:

Dr. Hossein Rezaee

September 2016