

الحمد لله رب العالمين



دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

رشته اقتصاد گرایش برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی تهران با رویکرد سیستم دینامیک

نگارنده: رسول حاتمی

استاد راهنما

دکتر محمدعلی مولایی

استاد مشاور

دکتر حسین رضائی

شهریور ۱۳۹۵

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: صنایع و مدیریت

گروه: اقتصاد

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای رسول حاتمی

تحت عنوان:

پیش بینی تقاضای حامل های انرژی تهران با رویکرد سیستم دینامیک

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با

درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:

به نام آن که جان را فکرت آموخت

پروردگار...!

نه می توانم مویشان را که در اره عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه
برای دست های پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است،
مرهمی دارم. پس توفیقم ده که هر لحظه شکر گذارشان باشم
و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذارم.

اگر تنها ترین تنها شوم، باز خدا هست

او جانشین همه نداشتن هاست....

سپاس گزاری

سپاس خدای را که سخنوان، در ستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن، و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، ظاهراً معصوم، هم آنان که وجودمان و امدار وجودشان است. به نشان سپاس از الطافش، دستان مهربان ترین بندگانش، پدر و مادر عزیزم را بوسه می زنم.

اینک که این مرحله را پشت سر می گذارم، از تلاش ها، زحمات و راهبانی های ظریف و ارزشمند استادان فرزانه و گرانمایه ام، جناب دکتر محمد علی مولایی و جناب دکتر حسین رضایی کمال تشکر را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

رسول حاتمی

تعهد نامه

اینجانب رسول حاتمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی دانشکده

مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی

تهران با رویکرد سیستم دینامیک تحت راهنمایی دکتر محمدعلی مولایی متعهد می‌شوم

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

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

اکثر مطالعاتی که تا کنون در زمینه تقاضای حامل‌های انرژی در ایران صورت گرفته به روش اقتصادسنجی بوده است. تاکنون پژوهشی در ایران انجام نشده که به پیش‌بینی و ارزیابی تمام حامل‌های انرژی (گاز طبیعی، برق، بنزین، گازوییل و پروپان) در بخش خانگی، صنعتی و تجاری به روش پویایی سیستم بپردازد و این یکی از نوع آوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود.

مدل تقاضای حامل‌های انرژی با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۲ و روش پویایی سیستم اجرا شده است و به پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی شهر تهران در سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۱۲ پرداخته است. در نتیجه این تحقیق یک سیستم محرک برای پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در تهران به صورت موفق ایجاد شده تا راهی برای ارزیابی تأثیر جمعیت، مسکن، جذابیت و کسب و کار بر تقاضای حامل‌های انرژی در منطقه باشد. افزایش نیروی کار ماهر در منطقه باعث افزایش مشاغل جدیدی می‌شود و در نتیجه تقاضای حامل‌های انرژی افزایش می‌یابد. رتبه‌ی تهران از لحاظ هزینه‌ی انجام کسب و کار از ۲۵ به ۱ که بالاترین رتبه است ارتقاء داده شد که صاحبان مشاغل را در شرایط مطلوب قرار می‌دهد و باعث سهولت ایجاد مشاغل در تهران می‌شود که در نتیجه تقاضای حامل‌های انرژی افزایش می‌یابد. کاهش ارزش عددی خدمات نسبی منطقه از ۱,۲۵ به ۰,۸ که نشان‌دهنده‌ی خدمات بهتر و بنابراین جذابیت بیشتر خواهد بود. افزایش خدمات موجود در منطقه باعث جذب افراد بیشتر در منطقه می‌شود و این موضوع رشد خانه‌سازی را تشویق می‌کند و باعث افزایش تقاضای حامل‌های انرژی می‌شود. ارتقاء تهران از رتبه‌ی چهارم به پنجم که بالاترین سطح از لحاظ پوشش کامل ارتباطی محسوب می‌شود مشاغل بیشتری را به منطقه جذب می‌کند زیرا این یکی از مؤلفه‌های جذابیت کسب و کار است و در نهایت تقاضای حامل‌ها انرژی افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: تقاضای حامل‌های انرژی، سیستم داینامیک، پیش‌بینی، جذابیت منطقه و جذابیت

کسب و کار

فصل اول - کلیات تحقیق	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ بیان مسأله و اهمیت موضوع	۳
۳-۱ اهداف:	۴
۱-۳-۱ هدف اصلی:	۴
۲-۳-۱ اهداف فرعی:	۴
۴-۱ نوآوری:	۴
فصل دوم- مروری بر ادبیات موضوع	۵
۱-۲ مقدمه	۶
۲-۲ مبانی روش مدلسازی پویایی سیستمی	۶
۳-۲ مطالعات انجام شده خارجی	۹
۵-۲ مطالعات انجام شده داخلی	۱۲
فصل سوم- الگوی پویایی سیستمی پیش‌بینی تقاضای انرژی	۱۷
۱-۳ مقدمه	۱۸
۲-۳ چارچوب نظری	۱۹
۳-۳ مدل مفهومی	۲۲
۴-۳ روش تحقیق	۲۶
۵-۳ ساختار مدل پیشنهادی	۲۷
۶-۳ زیر مدل جمعیت	۲۹
۱-۶-۳ روابط حالت و جریان زیر مدل جمعیت	۳۰

- ۳-۶-۲ روابط ریاضی زیر مدل جمعیت به شرح زیر: ۳۱
- ۳-۷-۷ زیر مدل مسکن ۳۳
- ۳-۷-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل مسکن ۳۴
- ۳-۷-۲ روابط ریاضی زیر مدل مسکن به شرح زیر: ۳۶
- ۳-۸-۸ زیر مدل جذابیت منطقه ۳۷
- ۳-۸-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل جذابیت منطقه ۳۸
- ۳-۸-۲ روابط ریاضی زیر مدل جذابیت منطقه به شرح زیر: ۳۹
- ۳-۹-۳ زیر مدل استفاده از زمین ۴۱
- ۳-۹-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل استفاده از زمین ۴۲
- ۳-۹-۲ روابط ریاضی زیر مدل زمین به شرح زیر: ۴۴
- ۳-۱۰-۱۰ زیر مدل کسب و کار صنعتی و تجاری ۴۶
- ۳-۱۰-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل کسب و کار صنعتی و تجاری ۴۶
- ۳-۱۰-۲ روابط ریاضی زیر مدل کسب و کار صنعتی به شرح زیر: ۴۷
- ۳-۱۱-۱۱ زیر مدل جذابیت‌های کسب و کار ۵۰
- ۳-۱۱-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل جذابیت‌های کسب و کار ۵۰
- ۳-۱۱-۲ روابط ریاضی زیر مدل جذابیت کسب و کار صنعتی به شرح زیر: ۵۱
- ۳-۱۲-۱۲ زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی ۵۴
- ۳-۱۲-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی ۵۵
- ۳-۱۲-۲ روابط ریاضی زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی به شرح زیر: ۵۶
- ۳-۱۳-۱۳ داده‌های مورد استفاده: ۶۰

فصل چهارم_ تحلیل‌های سیاستی تقاضای حامل‌های انرژی با رویکرد پویایی

سیستمی	۶۳
۱-۴ مقدمه	۶۴
۲-۴ سناریوهای مدل	۶۴
۱-۲-۴ مدل پایه:	۶۴
۲-۲-۴ سناریوی اول: نیروی کار ماهر مورد نیاز	۶۸
۳-۲-۴ سناریوی ۲: کاهش هزینه‌ی انجام کسب و کار	۷۱
۴-۲-۴ سناریو ۳: خدمات منطقه‌ای فراتر از انتظار	۷۴
۵-۲-۴ سناریوی ۴: ارتباط خدمات از راه دور (مخابراتی)	۷۶
۳-۴ اعتبار سنجی مدل	۷۹
۱-۳-۴ شبیه‌سازی رفتار حدی (آزمون شرایط حدی)	۸۰
فصل ۵_ جمع بندی و نتیجه گیری	۸۵
۱-۶ جمع بندی	۸۶
۲-۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی:	۸۹
۳-۶ محدودیتهای تحقیق	۹۱
منابع و مأخذ	۹۲

فهرست اشکال

- ۳-۱ حلقه‌ی مثبت خود فزاینده جمعیت ۲۳
- ۳-۲ حلقه‌ی منفی متعادل کننده مسکن ۲۴
- ۳-۳ حلقه‌ی مثبت خود فزاینده کسب و کار ۲۵
- ۳-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران ۲۶
- ۳-۵ نمودار حالت و جریان ساختار کلی مدل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران ۲۸
- ۳-۷ نمودار حالت و جریان بخش جمعیت ۳۱
- ۳-۸ نمودار بازخورد جزئی حلقه‌های مثبت و منفی در بخش جمعیت و مسکن ۳۵
- ۳-۹ نمودار حالت و جریان بخش مسکن ۳۵
- ۳-۱۰ نمودار حالت و جریان جذابیت منطقه ۳۸
- ۳-۱۱ حلقه‌های بازخورد متعادل کننده برای مسکن و کسب و کار ۴۳
- ۳-۱۲ نمودار علی- معلولی بخش استفاده از زمین ۴۳
- ۳-۱۳ نمودار حالت و جریان بخش کسب و کار ۴۷
- ۳-۱۴ نمودار حالت و جریان بخش جذابیت کسب و کار ۵۱
- ۳-۱۵ روابط حالت و جریان تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران ۵۶
- ۴-۱ جذابیت منطقه (حالت پایه) ۶۵
- ۴-۲ کل جمعیت (حالت پایه) ۶۶
- ۴-۳ تقاضای پروپان در منطقه (حالت پایه) ۶۷
- ۴-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی (حالت پایه) ۶۸
- ۴-۵ کل جمعیت (سناریوی ۱) ۶۹
- ۴-۶ مسکن (سناریوی ۱) ۶۹
- ۴-۷ کسب و کار صنعتی و تجاری (سناریوی ۱) ۷۰
- ۴-۸ کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۱) ۷۱
- ۴-۹ کل جمعیت (سناریوی ۲) ۷۲
- ۴-۱۰ مسکن (سناریوی ۲) ۷۲
- ۴-۱۱ کسب و کار صنعتی (سناریوی ۲) ۷۳

۷۳.....	۱۲-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۲)
۷۴.....	۱۳-۴ کل جمعیت (سناریوی ۳)
۷۵.....	۱۴-۴ کل مسکن (سناریوی ۳)
۷۵.....	۱۵-۴ کسب و کار صنعتی (سناریوی ۳)
۷۶.....	۱۶-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۳)
۷۷.....	۱۷-۴ کل جمعیت (سناریوی ۴)
۷۷.....	۱۸-۴ مسکن (سناریوی ۴)
۷۸.....	۱۹-۴ کسب و کار صنعتی (سناریوی ۴)
۷۸.....	۲۰-۴ کسب و کار تجاری (سناریوی ۴)
۷۹.....	۲۱-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۴)
۸۰.....	۲۲-۴ مراحل مطالعه شبیه‌سازی (لوو و کیلتون، ۲۰۰۰)
۸۱.....	۲۳-۴ جمعیت ۰-۱۹ (حالت حدی)
۸۱.....	۲۴-۴ کل جمعیت (حالت حدی)
۸۲.....	۲۵-۴ مسکن (حالت حدی)
۸۲.....	۲۶-۴ جذابیت منطقه (حالت حدی)
۸۳.....	۲۷-۴ کسب و کار صنعتی و تجاری (حالت حدی)
۸۳.....	۲۸-۴ کل تقاضای حامل‌های انرژی (حالت حدی)

فهرست جداول

- ۳-۱ عوامل مؤثر در جذابیت و رتبه‌بندی..... ۳۷
- ۳-۲ فراوانی کاربری اراضی تهران ۴۲
- ۳-۳ عوامل مؤثر در رتبه‌بندی جذابیت کسب و کار ۵۰
- ۳-۴ داده‌های استان تهران ۶۱

فصل اول - کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

بقاء و ادامه حیات هر جامعه به توانایی و امکان دسترسی آن جامعه به انرژی بستگی دارد. از اوایل دهه‌ی ۱۹۷۰ در نتیجه اولین بحران نفتی، توجه سیاستمداران به انرژی جلب شد. از آن زمان تحقیق و بررسی برای تقاضای انرژی به منظور غلبه بر فهم محدود از ماهیت تقاضای آن به شدت گسترش یافت. استفاده از منابع انرژی فسیلی و هسته‌ای، مستلزم هزینه‌ی زیاد و تخریب محیط‌زیست و عوارض مخرب ناشی از آن است؛ از این رو جهان با بروز پدیده‌ی بحران انرژی و از طرف دیگر پیشرفت فناوری رو به رو است؛ که به منظور کاهش این تنش‌ها برای مثال از انرژی باد برای تأمین انرژی الکتریکی استفاده کرده است؛ که از نظر هزینه نیز مقرون به صرفه است و امروزه استفاده از انرژی باد حتمی و اجتناب‌ناپذیر شده است.

کشور ایران، ضمن برخورداری از حدود ۱۰ درصد ذخایر قابل استحصال انرژی و حداقل ۱۵ درصد ذخایر گاز جهان، و همچنین به دلیل هم‌جواری با منابع انرژی حوزه‌ی دریای خزر و خلیج فارس و نیز دسترسی به آبراهه‌های بین‌المللی برای مبادله‌ی حامل‌های انرژی از جایگاه بسیار ویژه و مطلوب در جهان برخوردار است.

این پژوهش رفتار تقاضای حامل‌های انرژی در استان تهران با استفاده از مدل پویایی سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار داده؛ که پژوهشی جامع در زمینه‌ی حامل‌های انرژی است و به بررسی و پیش‌بینی تقاضای چهار حامل انرژی اصلی به طور همزمان می‌پردازد؛ این در حالی است که در بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده، به یک حامل انرژی به عنوان مثال گاز، یا برق پرداخته می‌شود. تقاضای حامل‌های انرژی در ایران شامل برق، گاز طبیعی و فراورده‌های نفتی است، که این سه حامل تقریباً ۹۸/۴۱ درصد از کل تقاضای انرژی کشور را در بر می‌گیرند که می‌توان آن‌ها را به عنوان نماینده کل تقاضای انرژی در نظر گرفت. در این پژوهش همچنین توجه خاصی به عوامل اجتماعی و اقتصادی تأثیرگذار بر تقاضای حامل‌های انرژی شده است.

۱-۲ بیان مسأله و اهمیت موضوع

با توجه به ویژگی پایان‌پذیری برخی از انواع انرژی، ارزیابی تقاضای حامل‌های انرژی از مهم‌ترین اقداماتی است که باید در چارچوب سیاست‌ها و خط‌مشی‌های آتی بخش انرژی کشور مورد تأکید قرار گیرد.

با وقوع شوک‌های اول و دوم نفتی در کشورهای صنعتی، سیاست‌های صرفه‌جویی و مالیاتی بیش‌ترین اثر را بر الگوی مصرف انرژی آن کشورها داشته است؛ به طوری که طی سال‌های ۱۹۷۰-۱۹۹۰ شاخص شدت مصرف انرژی (انرژی بری)، به ازاء هر هزار دلار تولید ناخالص واقعی در آمریکای شمالی ۶۲ درصد و اروپای غربی ۵۴ درصد کاهش یافته است. متأسفانه در کشور ما شاخص انرژی بری طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۱ افزایش یافته است. (Labelle, Hubert, ۱۹۸۲).

ارقام فوق‌مبین این واقعیت است که در صورت به‌کارگیری سیاست‌های نامناسب در زمینه‌ی صرفه‌جویی انرژی، افزایش بازدهی و بهینه‌سازی در تولید و مصرف انرژی در آینده‌ای نه‌چندان دور، کشور با بحران انرژی مواجه‌گشته و برای تأمین نیازهای داخلی انرژی از یک کشور صادرکننده نفت به‌کشوری واردکننده تبدیل خواهد شد. با در نظر گرفتن میزان وابستگی اقتصاد کشور به صادرات نفت خام، درآمد ارزی و درآمد دولت شدت این بحران مشخص‌تر می‌گردد. طی سال‌های آینده بایستی پیامدهای اقتصادی، زیستی، فناوری و اجتماعی ناشی از مصرف انواع مختلف انرژی مورد ارزیابی قرار گرفته و تصمیماتی برای تعیین خط‌مشی‌های لازم اتخاذ گردد. برخی انتخاب‌ها به‌طور بالقوه در بلندمدت مناسب خواهند بود اما هیچ‌کدام نمی‌تواند یک عامل مهم در فروکش کردن بحران طی ده سال آینده باشد.

یک روش ساده و مفید برای درک حقایق مربوط به انرژی، بررسی تابع تقاضای انرژی است. فهم عمیق تر ارتباط میان توسعه‌ی اقتصادی و مصرف انرژی از موضوعاتی هستند که در چارچوب تقاضای انرژی قابل انجام هستند. این تحقیق با بکار بردن مدل وودرویل و با رویکرد سیستم دینامیک و نرم‌افزار شبیه‌ساز ونسیم به پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران پرداخته است.

۱-۳ اهداف:

تحقیق حاضر با اتخاذ فضای شبیه‌سازی و به منظور کمک به سیاستمداران به دنبال اهداف ذیل هست:

۱-۳-۱ هدف اصلی:

پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی (بنزین، گاز، برق) استان تهران با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک

۱-۳-۲ اهداف فرعی:

۱- بررسی اثر جمعیت بر تقاضای انرژی

۲- بررسی اثرات ساخت‌وساز مسکن بر تقاضای انرژی

۱-۴ نوآوری:

تقاضای انرژی با رویکرد اقتصادسنجی به صورت گسترده در ایران انجام شده است اما با روش پویایی سیستم به صورت موردی به تقاضای حامل‌های انرژی (الکتریسیته و گاز) پرداخته شده است. این تحقیق در نظر دارد تقاضای حامل‌های مختلف انرژی (برق، گاز، بنزین) را برای استان تهران طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲ شبیه‌سازی نماید. همچنین در نظر دارد اثر متغیرهای جمعیت، ساخت و ساز مسکن و جذابیت کسب و کار در منطقه را بر کل تقاضای انرژی در استان تهران سناریوسازی کند. این موضوع یکی از جنبه‌های نوآوری در این تحقیق هست. یکی دیگر از جنبه‌های نوآوری استفاده از مدل سیستم دینامیک و ودرویل برای پیش‌بینی کل تقاضای انرژی در ایران است.

فصل دوم - مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱ مقدمه

در دنیای پیچیده‌ی امروز، اهمیت دانستن پیش‌بینی و دانش نسبی از حوادث آینده بر کسی پوشیده نیست. از این رو دانشمندان حوزه‌های مختلف می‌کوشند، هر یک در حوزه‌ی مربوط به خود از ابزارهای در دسترس برای این منظور استفاده کنند. از سوی دیگر اهمیت پیش‌بینی تقاضا و مصرف انرژی نیز سال‌های اخیر مورد توجه دانشمندان، صنعتگران و حتی دولت‌مردان بوده است. طی دهه‌های اخیر از انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید یاد شده است؛ به طوری که در کنار سایر عوامل تولید، نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات اقتصادی کشورها داشته و با توسعه و پیشرفت اقتصادی، اهمیت آن به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. وابستگی روزافزون زندگی بشر به انرژی موجب شده است تا این بخش به طور بالقوه و بالفعل در کارکرد بخش‌های مختلف اقتصادی کشورها نیز نقش چشم‌گیری ایفا کند بنابراین در این پژوهش کوشیده می‌شود به صورت سیستمی و پویا به موضوع تقاضای انرژی و عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی پرداخته شود. همچنین در این پژوهش تأثیر عوامل اجتماعی-اقتصادی مختلفی بر مصرف حامل‌های انرژی سنجیده شده‌اند که پیش از این در ایران به آن‌ها پرداخته نشده است.

۲-۲ مبانی روش مدلسازی پویایی سیستمی

هر مجموعه‌ای از پدیده‌ها که تحت قوانین خاصی هماهنگ با یکدیگر رفتار میکنند و زنجیره‌ای از روابط علی و معلولی را به وجود می‌آورند، با محدوده و مرز مشخصی از محیط اطراف خود سیستم نامیده میشود. گاهی در تحلیل پدیده‌های مختلف اقتصادی، ارتباط دو طرفه اجزاء با یکدیگر را با ثابت در نظر گرفتن سایر عوامل بررسی می‌کنند در صورتی که در غالب موارد اجزاء ارتباط متقابل با یکدیگر دارند در این شرایط نتایج صحیحی حاصل نمیشود. برای تحلیل سیستمها، رویکرد پویایی سیستمی نسبت به دیگر رویکردهای سیستماتیک مناسب تر است. در این رویکرد با استفاده از مدل‌های سیستم شبیه سازی میشود، از این طریق میتوان صحت ذهنیت مدل ساز و مدل طراحی شده را بررسی کرد. در روش پویایی سیستمی برای تحلیل پدیده‌ها روابط درونی و متقابل اجزاء درونی سیستم در طول زمان

در نظر گرفته می شود. بنابراین این رویکرد را برای سیستمهای ایستا و پویا میتوان استفاده کرد. پویایی سیستمی اصولاً دارای نظم درونی است. از این رو می توان از این ابزار برای تحلیل رفتار پدیدههای اجتماعی استفاده کرد، لذا پویایی سیستمی بر اساس روانشناسی ادراکی و اجتماعی، اقتصاد و سایر علوم اجتماعی طراحی می شود.

مدل سازی این امکان را برای مدل ساز فراهم می کند تا مدل ذهنی وی به تصویر کشیده، در صورت اشتباه تصحیح شود. در واقع هدف اصلی از مدل سازی در تکنیک پویایی سیستمها برون فکنی مفروضات و مدلهای ذهنی است. به تعبیر دیگر مدلهای پویایی سیستمها مدلهای ذهنی افراد را علنی و به تبع آن نقدپذیر میکنند. در مدلسازی باید به این نکته توجه کرد که مدل ساده بیان شده، از پیچیدگی پرهیز شود زیرا هدف از آن فهم مشکلات و یافتن راهحلهای مناسب است.

۲-۲-۱ مراحل مدلسازی

فرآیند مدل سازی دارای مراحل مختلفی است که در ادامه به آنها اشاره میکنیم:

۱ - تعریف مساله

مهمترین نکته در مدل سازی به روش پویایی سیستمی، تعریف صحیح صورت مساله و تعیین مرزهای سیستم مورد مطالعه است. در واقع با تعریف صورت مساله هدف از مدلسازی مشخص می شود. با مشاهده رفتار متغیرهای مورد نظر در سیستم و عدم تطبیق رفتار آنها با رفتار مطلوب، صورت مساله مشخص می شود. یعنی در بررسی یک سیستم به دنبال عوامل موثر در ایجاد چنین رفتاری در سیستم هستیم. در ادامه متغیرهای کلیدی و بازه زمانی مناسب در مدل تعیین شود. بازه زمانی مورد مطالعه باید آنقدر گسترده باشد تا زمان بروز مشکل و ظاهر شدن عوارض و پیامدهای متاخر آن را شامل شود. این مساله از آن جهت مهم و اساسی است که عموماً علت مسائل را در زمانهای نزدیک جستجو میشود و پیامدهای تصمیمات در زمان و مکان نزدیک جستجو می شود. انتخاب بازه زمانی مناسب از جهت

دیگری نیز مهم است. گاهی اوقات بازه زمانی را کوتاه مدت بنیم شاید تغییر محسوسی در روند متغیرها مشاهده نکنیم یا روند غلطی را مشاهده و نتیجه‌گیری کنیم. معمولاً در تحلیل‌ها افق زمانی کوتاه‌مدت در نظر گرفته می‌شود و از روندهای بلندمدت غفلت می‌شود. در نهایت تعریف دینامیکی مساله (رفتار مرجع ۵۲) ضروری است. رفتار مرجع بیانگر رفتار متغیرهای اصلی مدل در گذشته است و اینکه در آینده چه روندی ممکن است داشته باشند.

۲ - تنظیم فرضیه دینامیکی

برای مدل کردن رفتار متغیرهای پویا با استفاده از پویایی سیستمی باید از فرضیه دینامیکی استفاده شود. به این منظور مدل ساز به بررسی تئوری‌ها و ادبیات نظری می‌پردازد. به این ترتیب رفتار مساله را تبیین می‌کند. از دیگر نکات مهم در این مورد این است که مدل ساز باید بر عوامل درونی مدل تکیه کند، تعیین محدوده و قلمرو مدل و متغیرهای تشکیل دهنده مدل از مهمترین مراحل مدل سازی است. اگر محدوده و قلمرو مدل بسیار گسترده فرض شود متغیرهای غیرضروری در مدل گنجانده می‌شود و فقط سبب پیچیدگی مدل می‌شود. باید در مورد متغیرهایی که انتخاب می‌شوند بر حسب درونزا و برونزا بودن تفکیکی انجام شود.

۳ - طراحی مدل

پس از تعریف متغیرها و تعیین نوع رابطه آنها با یکدیگر نمودار علی و معلولی را برای متغیرهای مدل رسم می‌کنیم. این نمودار نشان دهنده چگونگی تعامل اجزای سیستم است. پس از آن با بررسی دقیقتر متغیرها نوع آنها را بر حسب حالت یا نرخ مشخص می‌کنیم. پس از رسم نمودارهای جریان حالت، روابط بین متغیرها فرمول‌بندی می‌شود.

۴ - آزمون مدل (صحت سنجی)

بعد از طراحی مدل باید برای تایید صحت آن آزمون شود برای این منظور نتایج مدل با نمودار رفتار مرجع مقایسه می شود و آیا مدل طراحی شده رفتاری مشابه با روند گذشته و حال دارند؟ یا مدل را در شرایط خاص و حدی تست می کنیم تا مشخص شود مدل در این شرایط واقع بینانه رفتار می کند؟ مثلاً در تولید صفر و موجودی انبار خالی باید فروش شرکت صفر شود. و در نهایت مدل توسط متخصصین و کارشناسان مرتبط ارزیابی شود.

۵ - شبیه سازی و تحلیل های سیاستی

اگر با آزمون های مختلف صحت مدل تایید شد میتوان با استفاده از آن اثرات سیاست گذاری و سناریوهای مختلف مدل را شبیه سازی کرده، پیامدهای آن را بررسی نمود. مثلاً می توان تاثیر نرخ های مختلف مالیات یا قیمت های مختلف سوخت را بر روند ساخت نیروگاه های مختلف بررسی کرد. همچنین می توان حساسیت رفتار متغیرها را به وجود یا حذف، افزایش یا کاهش و تغییر ناگهانی در رفتار برخی متغیرها را بررسی کرد.

۲-۳ مطالعات انجام شده خارجی

مطالعه ای روند تقاضای حامل های انرژی ایجاب می کند، تأمین انرژی مورد نیاز در بخش های اقتصادی و اجتماعی در انطباق با توسعه ی سطح زندگی و نیازهای فردی و اجتماعی مورد ارزیابی قرار گیرد. حامل های انرژی، بخشی از انرژی است که عملاً توسط مصرف کننده برای گرمایش، روشنایی و نیروی محرکه تقاضا می شود. انجام چنین مطالعه ای مستلزم توجه به تحولات تقاضای انرژی است. در مدل های شبیه سازی، تقاضای انرژی به صورت بخشی مطالعه می شود.

تمایل کلی به سمت انرژی کارآمد است، کمیسیون برنامه ریزی منطقه ای برای هر منطقه، برنامه ریزی مخصوص به آن منطقه را ایجاد کرده است. بسیاری از مناطق، مانند کمیسیون برنامه ریزی ماساچوست

و کمیسیون برنامه‌ریزی دره‌ی پونیر^۱ و دیگران، برنامه‌ریزی انرژی مخصوص به مناطق خود را ایجاد کرده‌اند.

کمیسیون برنامه‌ریزی دره‌ی پونیر (PVPC) طرح انرژی خود را با اهداف زیر بیان کرده است:

۱_ کاهش مصرف انرژی تا سطح ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۰۹ باهدف کاهش ۱۵ درصدی بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰.

۲_ ایجاد ظرفیت جدید سایت که قادر به تولید ۲۱۴ میلیون کیلووات ساعت انرژی پاک در سال در دره‌ی پونیر در پایان سال ۲۰۰۹ است. و رسیدن به ۴۴۰ میلیون کیلووات ساعت در هر سال از ۲۰۱۰ تا پایان سال ۲۰۲۰

۳_ دستیابی به کاهش ۸۰ درصدی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در منطقه‌ی زیر سطح ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۵۰.

۴_ استفاده از انرژی پاک برای ایجاد مشاغل محلی

در تلاش خود برای رسیدن به این اهداف، کمیسیون برنامه‌ریزی دره‌ی پونیر درک کرده بود که یک اقدام جمعی و موازی برای ارزیابی چنین اقداماتی لازم است صورت بگیرد (وودرویل^۲، ۲۰۱۱).

کشف گاز طبیعی و ایجاد مدل تولید توسط راجر نیل (دانش‌آموخته دانشگاه MIT) یکی از منابع خاص و بحث‌برانگیز در سیستم دینامیک بوده است. نیل مبنای مدل خود را براساس نظریه‌ی چرخه‌ی اکتشاف نفت و گاز و همچنین، محصولات منتشرشده از هوبرت زمین‌شناس نفت قرارداد. نیل در تدوین نظریه‌ی خود در زمان زمین‌شناس معروف هوبرت با ساختار فیزیکی انرژی به صورت نفت و گاز مواجه بود که به صورت محدود وجود داشت. با توجه به نظر هوبرت، تولید تجمعی از نفت و گاز داخلی است

^۱. PVPC

^۲. Vaudreuil et al

که باید مساوی بازیابی نفت و گاز در ایالات متحده باشد. نیل به این نتیجه رسید که تولید گاز طبیعی داخلی امریکا در سال ۱۹۷۳ به اوج خود رسیده است. در صورت ادامه‌ی روند استخراج به همین منوال، به کاهش بسیار کمتری از نرخ کشف گاز طبیعی در ایالات متحده خواهیم رسید. این برآورد در اواخر قرن ۲۰ و اوایل قرن ۲۱ اتفاق افتاد (Roger F. Naill, 1973).

مقاله‌ای با موضوع «طراحی یک مدل سیستم دینامیک انرژی برای سیستم حمل و نقل پایدار» توسط استفان ارمنی و همکاران نوشته شده که در این مقاله یک مدل سیستم دینامیک برای بخش حمل و نقل جاده، در اتحادیه‌ی اروپا به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی سناریوهای جایگزین طراحی شده و در آن از یک طرف به موضوع آزادی مؤسسه‌ی انرژی نفت برای حفظ یا افزایش مزیت رقابتی خود در بازار و از سوی دیگر به موضوع حمایت مورد نیاز برای توسعه‌ی سیاست‌های انرژی و حمل و نقل داخلی و بین‌المللی پرداخته است. بعدها این مدل با همکاری مرکز مطالعات اقتصادی و انرژی (STUECEN) در ایتالیا برای پیش‌بینی تقاضای سوخت جاده‌ای در کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا توسعه داده شد (Stefano ARMENIA, ۲۰۱۲).

مدل سیستم دینامیکی راجر نیل، شبیه‌سازی چرخه‌ی اکتشاف گاز طبیعی بود. او نتایج خود را در سال ۱۹۷۳ منتشر کرد که همزمان با ممنوعیت نفت توسط عراق بود و جهان صنعتی از تأثیر بحران انرژی بر ملت خود آگاه بودند. برای برخی از کشورها بحران نفتی یک بحران انرژی (مثلاً: آمریکا بیش از اندازه به واردات نفت وابسته بود) به شمار می‌آمد. بسیاری از کارشناسان از بحران نفتی و گازی صحبت می‌کردند، نگرانی آن‌ها از این بود که ایالات متحده ذخیره‌ی نفت و گاز به اندازه‌ی کافی ندارد. این مدل برای استفاده‌ی بیش از هزار سال طراحی شده است. مدل با رشد نمایی ۴ درصد برای گاز طبیعی شبیه‌سازی شده است. شبیه‌سازی مدل و آزمون مدل بیانگر نتایج زیر بود:

- ۱- منابع هزارساله می‌تواند خودبه‌خود در کمتر از ۸۰ سال دچار مشکل شوند و از بین بروند. ۲-
- شبیه‌سازی کشف و تولید از یک منبع تجدید ناپذیر مانند گاز طبیعی یک امتیاز برجسته است. ۳-

تقاضا به صورت تصاعدی رشد می‌کند و یک منبع بزرگ به صورت مصرف خواهد شد. ۴_ شبیه‌سازی به وضوح نشان داد که اندازه‌گیری منابع بادی‌های برنجی تقاضا در حال حاضر در یک سیستم تصاعدی در حال رشد گمراه کننده است (Andrew Ford, ۱۹۹۹).

وارف النجار (۲۰۱۳)، مدل پیش‌بینی تقاضای انرژی شهرستان پوئبلو را تحت انواع شبیه‌سازی و حالات با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک ارزیابی کرده است. و هدف از تحقیق را توسعه یک مدل سیستم دینامیک به منظور پیشرفت شهرستان عنوان می‌کند. وارف اثر عوامل مختلف اقتصاد - اجتماعی را در پیش بینی تقاضای انرژی در منطقه نشان می‌دهد. از نتایج این تحقیق کمک به تصمیم‌گیرندگان برای پیش بینی تقاضای حامل‌های انرژی بدون صرف هزینه زیاد بیان می‌شود.

۲-۵ مطالعات انجام شده داخلی

موسوی اهرنجی و دیگران (۱۳۸۶) در مقاله‌ای با موضوع شبیه‌سازی تقاضای برق صنایع ایران با استفاده از سیستم دینامیک ابتدا با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه تقاضای برق بخش صنعت، عوامل مؤثر بر تقاضای برق که عبارتند از ارزش افزوده، تعرفه برق صنعتی و بهره‌وری تجهیزات مورد استفاده در صنعت شناخته شده و سپس چگونگی تأثیر این عوامل بر تقاضای برق مورد بررسی قرار می‌دهند. و بیان می‌کنند از آنجا که عامل بهره‌وری به عنوان یک عامل کیفی به شمار می‌رود، از شاخص شدت برق برای اندازه‌گیری آن استفاده شده است و در نهایت با توجه به این عوامل و تقسیم بندی مصارف برق صنعتی به دو دسته مصارف متغیر با تولید و مصارف ثابت و نیز مفهوم شدت برق، مدل تقاضای برق بخش صنعت با استفاده از روش سیستم دینامیک بدست آمده است. مدل برای سالهای ۸۲-۱۳۷۶ اجرا شده است و برای تصدیق اعتبار آن، تقاضای برق بدست آمده از مدل با مقادیر واقعی تقاضای برق در طی این سالها مقایسه گردیده است، با توجه به پایین بودن خطای مدل مقدار تقاضای برق تا سال ۱۴۰۰ تخمین زده شده است.

نهادی و نجف زاده (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با موضوع مقایسه دو رویکرد توسعه سمت عرضه انرژی الکتریکی در مقابل مدیریت سمت تقاضای با روش سیستم‌های دینامیک بیان می‌کنند با افزایش جمعیت و توسعه صنعتی در کشور به دنبال خود رشد در تقاضای انرژی الکتریکی را موجب خواهد شد. تامین این انرژی سرمایه گذاری در احداث واحدهای نیروگاهی و مصرف سوخت فسیلی را به دنبال خواهد داشت که این امر تبعات مختلفی به همراه دارد. از سویی دیگر مدیریت سمت تقاضا رویکردی در جهت منطقی سازی مصرف و کاستن از نرخ رشد تقاضا است. با توجه به ماهیت علت و معلولی بخش انرژی و تاثیر متقابل متغیرها در این بخش و نیز پیچیدگی های حاکم بر آن لازم است تا به کمک ابزارهایی، سیاستهای اتخاذ شده در این بخش مورد آزمون قرار گیرد. در این مقاله با استفاده از رویکرد سیستمهای دینامیکی مدلی ارائه شده که به کمک آن می توان اثرات ناشی از دو جهت گیری توسعه بخش عرضه و کنترل سمت تقاضا را با هم مقایسه نمود. در این تحقیق که برای اولین بار بدین شکل برای بخش انرژی در ایران صورت گرفته، در ابتدا بصورت کلان به موضوع نگاه شده و پس از ارائه یک مدل کلی برای بررسی رفتار و برهم کنش متغیرهای کلان در زنجیره انرژی الکتریکی ایران، بخشی از مدل کلی جهت بررسی جزئی تر انتخاب شده و مدل برای این بخش که بخش عرضه میباشد، توسعه داده شده و در نهایت مدل با استفاده از اطلاعات موجود حل شده است. نتایج حاصل از اجرای این مدل حاکی از آن است که دینامیک سرمایه گذاری و روند احداث همه فناوریها در حالت مدیریت بخش تقاضا، شرایط بهتری را نسبت به حالتی که گرایش به سمت توسعه بخش عرضه است، ایجاد می کند.

محقر و دیگران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با موضوع طراحی مدل سیاستگذاری انرژی در صنعت نفت و گاز (گزینه‌های مبتنی بر طرح هدفمندسازی یارانه‌ها) مدل سیستم پویایی ارائه می‌کنند که سیاستهای مختلف صنعت نفت را ارزیابی می کند. همچنین صادرات نفت و گاز و تزریق مازاد گاز به مخازن نفتی در این مدل برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا در نظر می‌گیرند. در نتیجه، اثر گزینه های مختلف سیاستهای نفتی و گازی در بخشهای مختلف اقتصادی ایران، همراه با اثر متقابل مصرف انرژی و درآمد

نفتی ارزیابی می‌کنند. و بیان می‌کنند با توجه به اجرای طرح هدفمندسازی یارانه ها سه گزینه افزایش قیمت گاز مصرفی، افزایش تزریق گاز به مخازن نفتی و افزایش همزمان سهمیه اوپک و تزریق گاز به مخازن نفتی برای بررسی روندهای آتی متغیرهای اصلی همچون میزان مصرف گاز بخش خانگی، تجاری و عمومی و میزان مصرف کلی گاز مورد ملاحظه قرار گرفته است. و نتایج را این گونه بیان می‌کند که، افزایش قیمت گاز باعث کاهش مصرف کلی گاز در کشور می‌شود و نیز زمانی تزریق گاز به میادین نفتی برای کشور ایجاد ارزش می‌کند که سهم ایران در اوپک افزایش یابد.

مولایی و دیگران (۱۳۹۱)، در مقاله ای با موضوع فرایند تعیین قیمت تعادلی در بازار برق ایران با رویکرد پویایی سیستمی به تعیین قیمت برق بعد از خروج بازار از تعادل پرداخته است. به این منظور، پس از طراحی بازار برق در قالب مدل پویایی سیستمی، با استفاده از مدل بهینه یابی، مقادیر بهینه‌ی عرضه، تقاضا و قیمت تعیین شده است. این مدل در دو بازه زمانی یک روزه در ماه مرداد و یک ماهه اجرا (مردادماه) در سال ۱۳۸۶ با استفاده از نرم افزار شبیه سازی Vensim شده است. برای انجام تحقیق فرض افزایش پنج درصدی تقاضا در ابتدای هر دوره و تعادل بازار و عدم امکان افزایش تولید نیروگاه های داخل در نظر گرفته شده است. بر اساس برخی از نتایج این تحقیق، فقط در دوره‌ی زمانی یک ماهه در صورت امکان افزایش واردات، امکان تعادل بازار وجود داشته در این حالت، قیمت تعادلی ۲۹۹/۹۲ ریال بر هر کیلووات ساعت تعیین شده است. همچنین تعادل عرضه و تقاضا در مقدار ۱۶۴۶۲/۷ گیگاوات ساعت وجود داشته است.

منظور و رضائی (۱۳۹۱)، در مقاله ای با موضوع بررسی اصلاح سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان ظرفیت‌سازی و تولید برق در کشور با رویکرد پویایی سیستمی بیان می‌کند اصلاح قیمت سوخت نیروگاه ها در بازار برق مقررات زدایی شده کشور به تغییرات قیمت در بازار برق، تغییرات تقاضای برق و در نتیجه تغییر در میزان ظرفیت‌سازی نیروگاه ها و تولید برق منجر شود. جهت سنجش کمی آثار اصلاح قیمت سوخت نیروگاه ها بر ظرفیت‌سازی نیروگاه ها و تولید برق در کشور، در این مقاله جانب تولید و

عرضه به ویژه چگونگی تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران به ایجاد ظرفیت‌های نیروگاهی جدید با توجه به ساختار هزینه‌های تولید در انواع نیروگاه‌ها با تأکید بر فرایند ارزیابی سودآوری سرمایه‌گذاری‌های نیروگاهی به تفصیل مدل‌سازی شده است. مدل پیشنهادی برای دوره (۱۳۸۹-۱۳۹۸) با استفاده از نرم افزار پاورسیم شبیه‌سازی شده و آثار قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر ترکیب انواع نیروگاه‌ها در صنعت برق مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس این نتایج، با افزایش قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها و با فرض تعیین قیمت برق در قالب مکانیزم بازار تجدیدساختار شده، ظرفیت نیروگاهی مورد نیاز نسبت به شرایط عدم افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها کاهش محسوسی خواهد داشت. همچنین، پیش‌بینی می‌شود ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی، بادی و چرخه ترکیبی از رشد پیوسته‌های برخوردار خواهد بود. در حالی که ظرفیت نیروگاه‌های بخاری کاهش می‌یابد و این نیروگاه‌ها جایگزین نیروگاه‌های بخاری می‌شوند.

زارع زاده و دیگران (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با موضوع بررسی سیستمی اثرات سیاست‌های قیمتی انرژی بر مصرف صنایع ایران بیان می‌کنند با توجه به مطالعات انجام شده عوامل اثرگذار بر مصرف انرژی در این بخش که عبارتند از قیمت انرژی، شدت انرژی، ارزش افزوده، سطح تولید و فناوری تجهیزات تولیدی، شناسایی شده و سپس چگونگی تاثیر این عوامل توسط معادلات مربوطه بیان شده است. در ادامه به منظور اعتبارسنجی، نتایج کسب شده از شبیه‌سازی مصرف انرژی با مقادیر واقعی آن طی سالهای ۱۳۸۰-۱۳۸۶ مقایسه شده و خطای آن محاسبه شده است. سپس سیاستهای قیمتی توسط چهار سناریوی مختلف تعریف شده و مقادیر مصرف انرژی و شدت انرژی تحت این سناریوها تا سال ۱۴۰۰ شبیه‌سازی و مورد بررسی قرار گرفته شده است.

منظور و رضائی (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با موضوع اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر قیمت برق در بازار تجدیدساختاریافته با رویکرد پویایی سیستمی بیان می‌کند در پی افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها در بازار مقررات زدایی شده، انتظار بر این است که قیمت برق در بازار افزایش یابد. هدف این

مقاله بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها بر میزان افزایش قیمت برق در بازار است. برای پاسخ دادن به این پرسش، اجزاء بازار برق مقررآزادایی شده به روش پویایی سیستمی، مدل سازی شده است. این مدل دارای بخش های تقاضا، قیمت و تولید است که برای اجرای آن از نرم افزار پاورسیم استفاده شد. تغییر قیمت سوخت تحویلی به نیروگاه ها متغیر سیاستی مدل است. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد در صورت عدم اصلاح قیمت سوخت نیروگاه‌ها پی شبینی می شود قیمت بازار برق تا پایان دوره به ۴۰۹ ریال بر هر کیلووات ساعت برسد. با اصلاح قیمت سوخت تحویلی به نیروگاه‌ها، قیمت بازار برق در پایان دوره با فرض نرخ های رشد ۵ و ۸ درصد به ترتیب به سطح ۵۶۶ و ۵۸۵ ریال بر هر کیلووات ساعت خواهد رسید. در بخش پایانی مقاله، اثر افزایش نرخ رشد اقتصادی و اعمال مالیات بر ارزش افزوده بر روی قیمت بازار برق در قالب مدل پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است. با فرض نرخ های رشد ۵ و ۸ درصد، قیمت بازار برق به ترتیب به ۶۱۱ و ۶۴۱ ریال بر هر کیلووات ساعت در پایان دوره خواهد رسید.

فصل سوم - الگوی پویایی سیستمی پیش‌بینی تقاضای انرژی

۱-۳ مقدمه

افزایش تقاضای جهانی برای انرژی، نیازمند توسعه‌ی روش‌های پیش‌بینی است. تبادله‌ی نظر بین مهندسان و اقتصاددانان این حوزه، باعث تحولات چشم‌گیری در روش‌شناسی شده است. این تحولات فرایند تصمیم‌گیری در قلمروی انرژی را به عنوان یک مجموعه تقویت کرده و طیف گسترده‌ای از مدل‌ها را برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی در دسترس قرار داده است.

پویایی سیستمی، یکی از روش‌های نوین مدل‌سازی برای پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی است. از سیستم‌های دینامیکی می‌توان به عنوان یک روش مدل‌سازی مرکب استفاده نمود. همچنین می‌توان همه‌ی زیر سیستم‌های مهم اقتصاد-انرژی را یکپارچه ساخت. روش پویایی سیستم ارتباط میان همه‌ی زیرسیستم‌ها را به طور همزمان به نمایش می‌گذارد و مسیر دستیابی سیستم به تعادل را به تصویر می‌کشد. توصیف ساده و گرافیکی روش مذکور موجب می‌شود علی‌رغم پیچیدگی‌های زیاد موجود در آن، کاربران به راحتی، ساختار سیستم را درک کنند و به تصویر صحیحی از واقعیت دست یابند. مدل‌های انرژی را با روش سیستم دینامیک می‌توان با در نظر گرفتن ارتباط میان بخش انرژی با بخش‌های دیگر اقتصاد و تأثیر اعمال سیاست‌های مختلف بر کل اقتصاد-انرژی به طور پویا شبیه‌سازی کرد. مدل‌های تقاضای انرژی طراحی می‌شوند تا به عنوان ابزاری تحلیلی، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را در بررسی مطالعات گذشته و تأثیر سیاست‌های آینده و همچنین پیش‌بینی تقاضا برای رسیدن به اهداف برنامه یاری دهند. امروزه مدل‌های انرژی زیادی با روش پویایی سیستم در جهان وجود دارد، اما برای کشور ایران یک مدل کامل اقتصاد-انرژی طراحی نشده است.

در این فصل با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی به بررسی عوامل مؤثر بر تقاضای حامل‌های انرژی پرداخته خواهد شد. با توجه به روابط علی - معلولی و حالت - جریان بین عوامل مؤثر بر تقاضای حامل‌های انرژی و ماهیت رویکرد پویایی سیستم (برای پاسخ به سؤالات فضای اجتماعی - اقتصادی)،

استان تهران را مدل سازی می شود. با بررسی داده ها طی سال های ۱۳۸۲ - ۱۳۹۲ برای یک دوره زمانی ۲۰ ساله (۱۳۹۲ - ۱۴۱۲) نتایج مدل شبیه سازی می شود.

در ابتدا مدل پویایی سیستم و حلقه های موجود در آن را در قالب مدل های حالت و جریان توضیح می دهیم. سپس هر یک از حلقه های مدل به تفکیک زیر سیستم های آن بادی های برنجی نمودارهای حالت و جریان و روابط ریاضی تشریح می کنیم.

۳-۲ چارچوب نظری

مطالعه ای تقاضای حامل های انرژی بر اساس مدل های متنوعی میسر است. این مدل ها را می توان با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل اهداف، فروض، درجه ای توجه به تغییرات فناوری، درجه ای درون زایی و دامنه ای توصیف اجزاء بخش های غیراقتصادی تقسیم بندی نمود. پویایی سیستم یکی از روش های نوین مدل سازی برای پیش بینی تقاضای حامل های انرژی است.

پیندیک معتقد است که اثر قیمت انرژی بر رشد اقتصادی، به نقش انرژی در ساختار تولید بستگی دارد. به نظر وی در صناعی که انرژی به عنوان نهاده ای واسطه ای در تولید به کار می رود، افزایش قیمت آن (کاهش مصرف انرژی) بر امکانات و میزان تولید اثر خواهد گذاشت و تولید ملی را کاهش خواهد داد. در مدل های بیوفیزیکی رشد که توسط آیرس و نایر به نقل از استرن بیان شده است، تولید کالاهای اقتصادی نیازمند صرف مقادیر فراوان انرژی در تولید است. لذا انرژی تنها و مهمترین عامل رشد است و نیروی کار و سرمایه نیز عوامل واسطه ای هستند که برای به کارگیری به انرژی نیاز دارند.

همچنین فرض شده است که بین استفاده از این $Q=F(K,L,E,M)$ ترتیب تابع تولید به صورت نهاده ها و سطح تولید رابطه مستقیم وجود دارد به عبارت افزایش در هر یک از نهاده های مذکور موجب افزایش تولید میشود. به بیان ریاضی داریم:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} > 0, \frac{\partial Q}{\partial L} > 0, \frac{\partial Q}{\partial E} > 0$$

می‌تواند توسط مجموعه‌ای از عوامل نظیر نفت، گاز، برق، ذغال سنگ و ... که به حامل‌های E نهاده انرژی مشهورند، تامین شود.

نسل نخست مدل‌های انرژی برای کشف راه‌های افزایش تولید انرژی به گونه‌ای ساخته شد که سطح قیمت‌ها ثابت بماند با این که تعاملات میان عرضه و تقاضای انرژی در چنین مدل‌هایی با یکدیگر تفاوت دارند، اما تقریباً همه آن‌ها بخش انرژی را از بخش‌های دیگر اقتصاد جدا در نظر گرفته‌اند. این ضعف در به حساب آوردن بازخوردهای موجود میان بخش انرژی و اقتصاد کلان، نتایج مدل‌های عرضه‌ی انرژی را نامطمئن می‌سازد.

نسل دوم مدل‌های انرژی برای پرداختن به تعاملات میان اقتصاد می‌تواند بدون کاهش شدید سطح استاندارد زندگی، خود را برای قیمت‌های بالاتر انرژی آماده کند. با این وجود این مدل‌ها با فرض تنظیم لحظه‌ی اقتصاد – مانند این فرض که سرمایه‌گذاری در بخش انرژی بی‌درنگ به افزایش در قیمت‌ها واکنش نشان می‌دهد – اغلب مسیری را که اقتصاد برای رسیدن به تعادل طی می‌کند نادیده می‌گیرند.

در اواخر ۱۹۸۰، گرم شدن زمین به عنوان یکی از مسائل روز مطرح شد و بدین ترتیب، در بین مدل‌های انرژی به مدلسازی محیط – انرژی توجه ویژه‌ای شد. از دهه ۱۹۹۰ که توجه اقتصاددانان به توسعه پایدار جلب شده با رشد فزاینده‌ی تقاضای انرژی از جانب همه کشورها، انرژی نقش مهمی در اقتصاد جهانی ایفا می‌کند.

هنری آدامز (۱۹۱۸) بیان می‌کند که از سال ۱۸۰۰، ده‌ها نیروی تازه به وجود آمده‌اند که باعث شده است که نیروهای قدیمی به درجه بالاتر ارتقا یافته‌اند و پیچیدگی در حال گسترش است.

فاستر پس از انتشار دینامیک صنعتی در سال ۱۹۶۱، در سال ۱۹۶۴ دینامیک شهری و به دنبال آن در سال ۱۹۷۱ دینامیک جهان را منتشر کرد. این روش در سال های بعد توسعه یافت و در زمینه های مختلف برای سیاستگذاری در سطوح جهانی، ملی، بخشی و سازمانی به کار گرفته شد. این مدل ها قابلیت این را دارند که حلقه های بازخورد موجود در سیستم اقتصاد-انرژی را به تصویر بکشند و رفتارهای مختلف سیستم را در طول زمان مورد تجزیه و تحلیل قرار دهند.

در سال ۱۹۹۸ نیز یک مدل سیستم دینامیک برای تحلیل تعاملات اقتصاد و محیط زیست با نام FREE ارائه شد. این مدل نخستین مدل مبتنی بر سیستم دینامیک است که به موضوعات تاثیر تغییرات آب و هوا بر سیستم اقتصاد و انرژی می پردازد. در سال ۲۰۰۷ نیز با استفاده از روش سیستم دینامیک بر پایه نظریه ی هابرت، مدلی ارائه شد که قادر است مقدار و زمان فرا رسیدن اوج میزان تولید نفت خام چین را محاسبه کند .

ایده ی اصلی برای استفاده از مدل پویایی سیستم در زمینه انرژی در صنعت گاز ایالات متحده از سوی راجر نیل^۳ (۱۹۷۳) مطرح شد. وی متغیرهای از جمله تولید، تقاضا و سرمایه گذاری را بررسی کرد. مدل راجر نیل جزء اولین و مهم ترین مدل های شبیه سازی پویایی انرژی است. استرمن^۴ (۱۹۸۱) یک مدل پویایی سیستم در زمینه ارتباط متقابل اقتصاد و انرژی را توسعه داده است. استرمن و همکاران (۱۹۸۸) به بررسی صنعت نفت پرداخته و متغیرهای اکتشاف، تولید و مصرف، فناوری، قیمت، درآمد و سرمایه گذرای، تقاضا و جایگزینی را بررسی کردند. در سال ۲۰۰۸ یک مدل سیستم دینامیک طراحی شد که قادر بود پویایی های صنعت گاز بریتانیا را شبیه سازی کند. چی^۵ و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل پویایی سیستم را برای شبیه سازی صنعت گاز انگلستان ارائه کردند.

^۳. Roger Neill

^۴. Sterman

^۵. Chi et al.

وودرویل^۶(۲۰۱۱) یک مدل پویایی سیستم برای پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در ایالت ماساچوست آمریکا ارائه کرده است. وودرویل بیان می‌کند یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی بشریت برنامه‌ریزی برای مقابله با تقاضای انرژی است. وودرویل در این تحقیق با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی اثر متغیرهای مختلف را بر تقاضای انرژی سیستمی ماساچوست شبیه‌سازی می‌کند. وارف النجار^۷(۲۰۱۳) از مدل وودرویل برای پیش‌بینی تقاضای انرژی استان پوئبلو استفاده نمود. در این پژوهش با بکار بردن داده‌های استان تهران برای مدل تقاضای انرژی وودرویل سعی بر پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی این استان شده است.

مهم‌ترین نقطه این مطالعه ارائه یک مدل جدید و متفاوت، که در پژوهش‌های گذشته ارائه نشده، برای پیش‌بینی مصرف انرژی با استفاده از روش سیستم دینامیکی در ایران است.

۳-۳ مدل مفهومی

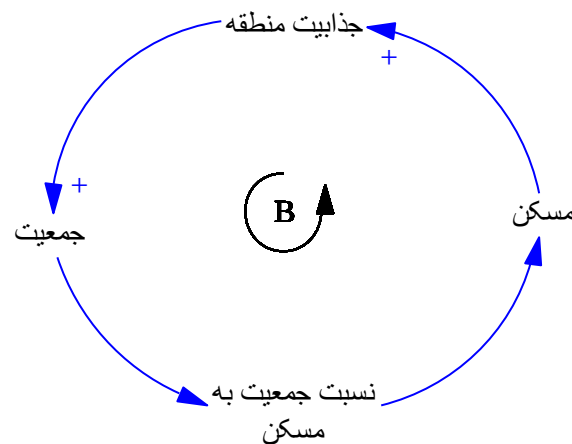
مدل پویایی سیستمی تقاضای انرژی وودرویل که برای شبیه‌سازی تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران بکاربرده شده شامل هفت زیرسیستم هست:

- ۱- زیرسیستم جمعیت: این بخش از چهار گروه سنی تشکیل شده است: الف) ۰-۱۹؛ ب) ۲۰-۴۴؛ ج) ۴۵-۶۴؛ و د) ۶۵+ سال که نشان‌دهنده‌ی کل جمعیت استان تهران هست. تولد ورود به زنجیره سنی و مرگ و میر خروج از آن هست. مهاجرت یک جریان ورودی به تمام گروه‌های سنی است. همچنین جذابیت منطقه ویژگی خاص برای ورود نیروی کار به منطقه هست.
- ۲- زیرسیستم مسکن: در این بخش با افزایش ساخت‌وساز، زیرسیستم مسکن، وسعت پیدا می‌کند و با تخریب، از وسعت آن کاسته می‌شود. البته تجمع مسکن در یک بخش نیز بر تمایل افراد اثر می‌گذارد.

^۶.Vaudreuil

^۷. Wareef Al Najjar

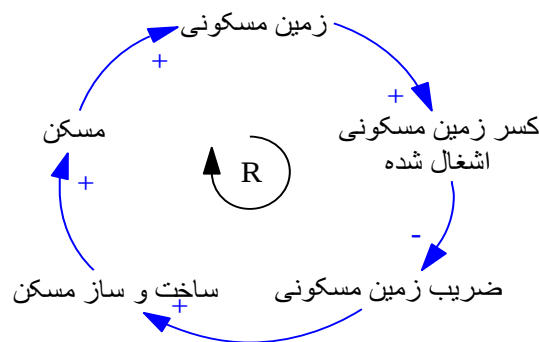
۳- زیرسیستم جذابیت منطقه: این بخش عوامل جذابیت منطقه مثل فضای باز و خدمات استانی برای ساکنان بالفعل و بالقوه را نشان می‌دهد. نکته‌ی قابل توجه این است که جذابیت یک منطقه به یک باره تغییر نمی‌کند، بلکه این جذابیت با مرور زمان در ذهن مردم ایجاد می‌شود. برای نشان دادن اثرات پویایی جمعیت و بخش مسکن و ارتباط این دو بخش با بخش جذابیت نمودار علی - حلقوی زیر ارائه شده است.



شکل ۱: حلقه‌ی مثبت خود فزاینده جمعیت

نمودار علی-حلقوی شکل ۱ نشان می‌دهد افزایش جمعیت در یک منطقه باعث افزایش نسبت خانوار به مسکن و افزایش نسبت خانوار به مسکن باعث افزایش مسکن و افزایش مسکن باعث افزایش جذابیت و افزایش جذابیت باعث افزایش بیشتر جمعیت در منطقه می‌شود. ملاحظه می‌کنید این بازخورد دوباره به خود متغیر جمعیت بر می‌گردد. با رسیدن اثر بازخورد به متغیر جمعیت، حلقه کامل می‌شود. در این حلقه شاهد بازخورد مثبت هستیم. بازخورد ابتدایی افزایش جمعیت در لوپ مثبت بالا، در انتها نیز باعث افزایش بیشتر جمعیت در منطقه می‌شود.

۴- زیرسیستم استفاده از زمین: بخش کاربری زمین، محاسبه‌ی زمین استفاده‌شده به وسیله‌ی مسکن و اماکن تجاری و مراکز صنعتی است. مجموع زمین‌های اشغال‌شده بر جذابیت مسکن اثر می‌گذارد. دو بخش جذابیت در این زیرسیستم وجود دارد: بخش اول ساخت‌وساز مسکن و بخش دوم کسب‌وکار.

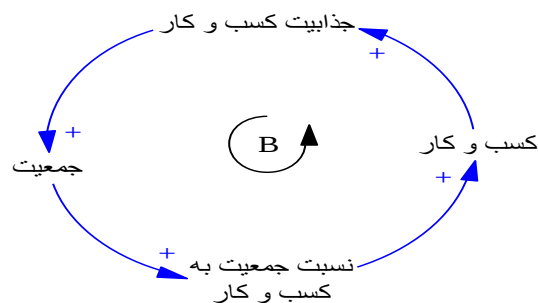


شکل ۲: حلقه‌ی منفی متعادل کنند مسکن؛

در شکل بالا (شکل ۲) می‌بینید افزایش مسکن در منطقه باعث افزایش زمین مسکونی و افزایش زمین مسکونی باعث افزایش کسر زمین‌های مسکونی اشغال‌شده و افزایش کسر زمین‌های اشغال‌شده باعث کاهش ضریب زمین مسکونی و کاهش ضریب زمین مسکونی باعث کاهش ساخت‌وساز و کاهش ساخت‌وساز باعث کاهش مسکن در منطقه می‌شود. با رسیدن اثر بازخورد به خود متغیر مسکن، حلقه بسته می‌شود. همچنین شکل ۲ نشان می‌دهد با افزایش ساخت‌وساز در منطقه به دلیل منفی بودن حلقه باعث کاهش مسکن در آخر می‌شود.

۵- زیرسیستم بخش کسب‌وکار: اگر منطقه از لحاظ تجاری و صنعتی جذابیت داشته باشد، کسب‌وکار افزایش می‌یابد و باعث توسعه‌ی بیشتر منطقه می‌شود.

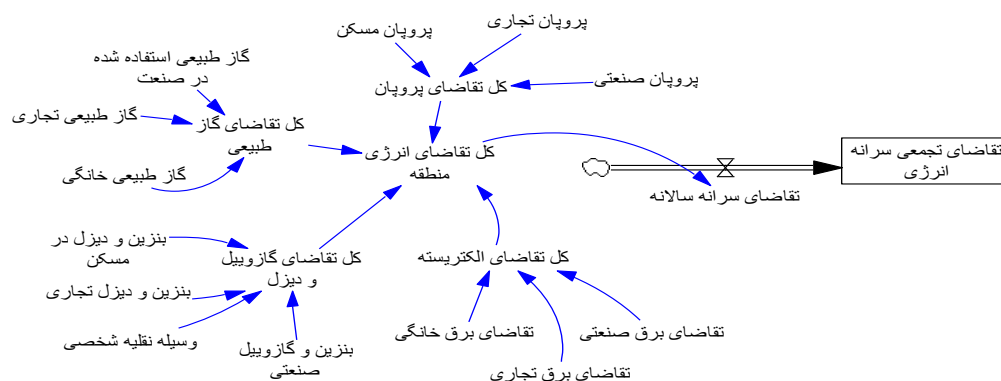
۶- زیرسیستم جذابیت کسب و کار: چهار عامل موثر بر جذابیت کسب و کار در منطقه عبارت‌اند از: الف) در دسترس بودن نیروی کار ماهر؛ ب) هزینه‌ی انجام کسب و کار؛ ج) خدمات مخابراتی؛ د) امنیت منطقه.



شکل ۳: حلقه‌ی مثبت خود فزاینده کسب و کار

شکل ۳ نشان می‌دهد با افزایش جمعیت در منطقه، نسبت جمعیت به کسب و کار افزایش می‌یابد. افزایش نسبت جمعیت به کسب و کار باعث افزایش کسب و کار و افزایش کسب و کار باعث افزایش جذابیت کسب و کار و در آخر افزایش جذابیت کسب و کار به دلیل مثبت بودن حلقه باعث افزایش بیشتر جمعیت می‌شود.

۷- زیرسیستم تقاضای انرژی: مجموع چهار منبع انرژی مدل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران عبارت‌اند از: الف) مجموع بنزین و دیزل؛ ب) مجموع گاز طبیعی؛ ج) مجموع تقاضای برق؛ د) کل تقاضای پروپان (که کل تقاضای انرژی منطقه را شامل می‌شود). در این مدل مصرف‌کنندگان انرژی در منطقه شامل: خانواده، کسب و کار منطقه، کسب و کار صنعتی و وسایل نقلیه استانی می‌باشند.



شکل ۴: کل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران

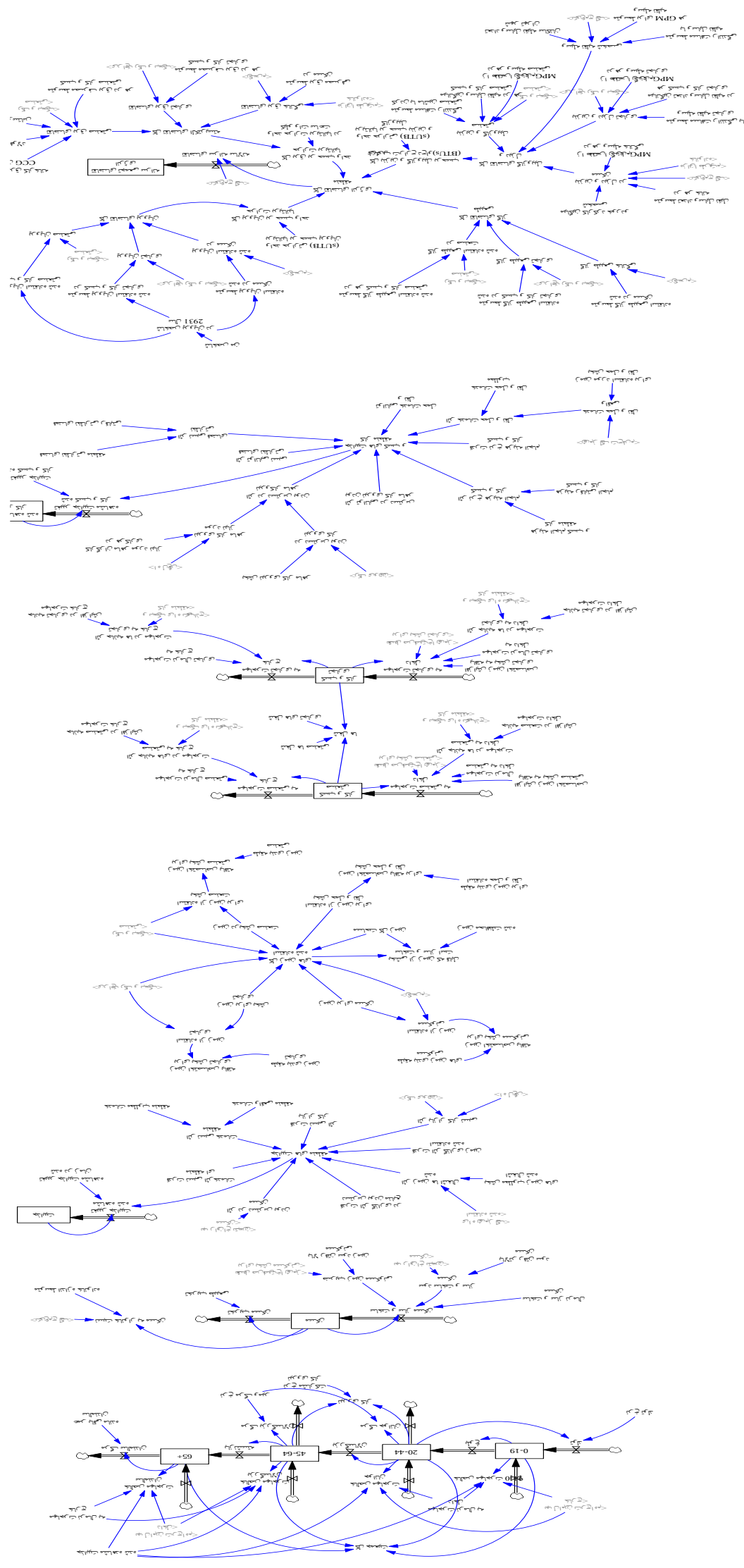
۳-۴ روش تحقیق

در این تحقیق داده‌ها به روش کتابخانه جمع‌آوری شده‌اند و از حیث مدل‌سازی روش تحلیل - آماری مورد استفاده قرار گرفته و تحلیل نتایج، به صورت آماری بیان شده‌اند. این پژوهش برای پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران از مدل پویایی سیستم تقاضای انرژی وودرویل استفاده کرده است. ابتدا براساس داده‌های جمع‌آوری شده مرکز آمار و ترازنامه‌ی انرژی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲، ساختار علی- معلولی و حالت - جریان مدل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران شبیه‌سازی می‌شود و سپس با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز رایانه‌ای به پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی برای سال‌های ۱۳۹۲-۱۴۰۲ پرداخته می‌شود.

مبنای پژوهشی این مطالعه، تحلیل پیش‌بینی زیر سیستم‌های جمعیت، مسکن، جذابیت منطقه، زمین، کسب‌وکار صنعتی و تجاری، جذابیت کسب‌وکار صنعتی و تجاری و تقاضای حامل‌های انرژی در استان تهران است. از نرم‌افزار ونسیم برای تخمین مدل پویایی سیستم استفاده شده است.

۳-۵ ساختار مدل پیشنهادی

ساختار کلی مدل پیشنهادی از هفت زیر مدل جمعیت، مسکن، جذابیت منطقه، زمین، کسب و کار، جذابیت کسب و کار و تقاضای حامل‌های انرژی تشکیل شده است. هفت زیر مدل، تشکیل‌دهنده‌ی نمودار حالت - جریان مدل کلی هستند. در روش تحلیل پویایی سیستم‌ها، مدل ساز قادر است با مدل نمودن پدیده‌های کیفی، اثرات سیاست‌گذاری‌های مختلف را در مدل تحلیل کند. مدل‌سازی پدیده‌های کیفی با تکنیک تحلیل پویایی سیستمی در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله نخست روابط بین اجزاء سیستم به صورت کیفی و با استفاده از نمودارهای علّی - معلولی تشریح می‌شود و مرحله دوم با کمک نمودارهای حالت و جریان، روابط علّی و معلولی ترسیم‌شده به صورت کمی بیان می‌شود. در این مطالعه، روابط علّی - معلولی و حالت - جریان مدل حامل‌های انرژی استان تهران به صورت زیر در نظر گرفته شده است:



شکل ۵: نمودار حالت و جریان ساختار کلی مدل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران (وودرویل ۲۰۱۱)

در ادامه به تشریح تمامی حلقه‌های مدل اصلی، تحت عنوان زیر سیستم‌های مدل تقاضای حامل‌های انرژی خواهیم پرداخت.

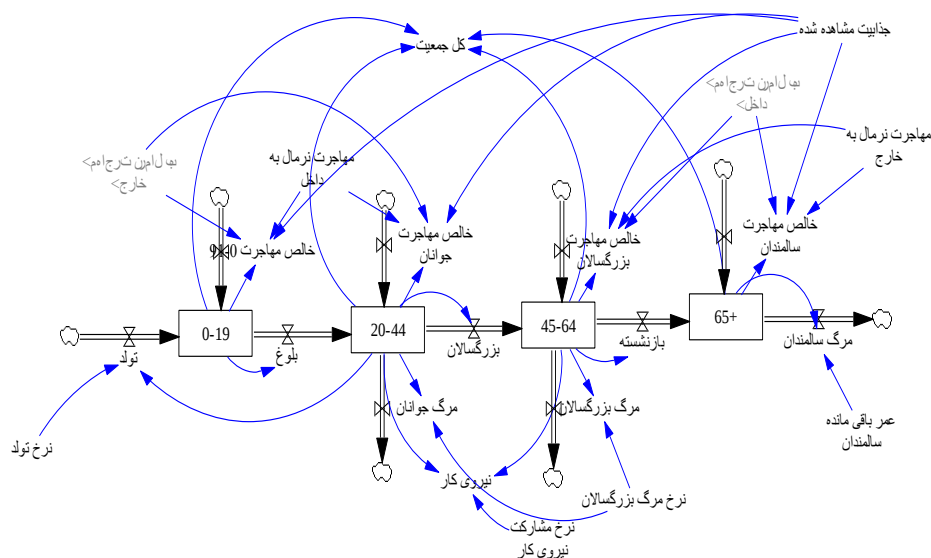
۳-۶ زیر مدل جمعیت

اولین زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی، مدل جمعیت است که با توجه به رشد روزافزون جهانی جمعیت، اگر مدیریت صحیح مصرف سرلوحه‌ی کار قرار نگیرد، قطعاً جوامع بشری دچار بحران خواهند شد. جمعیت ایران از حدود ۱۰ میلیون نفر در سال ۱۳۰۰ به رقمی حدود ۷۶ میلیون نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است. یعنی در حال حاضر سالانه حدود ۹۰۰ هزار نفر به جمعیت کشور افزوده می‌شود. همچنین جمعیت جهان کمتر از یک میلیارد نفر تا سال ۱۸۵۰ گزارش شده که اکنون هفت برابر افزایش داشته است یعنی جمعیتی حدود هفت میلیارد نفر. هدف از این آمار مطرح کردن آهنگ رشد سریع جمعیت در ایران و جهان طی دو قرن اخیر است. این رشد سریع جمعیت را می‌توان رشد انفجاری نامید که از پیامدهای آن در ایران می‌توان عواملی مانند: خشک شدن دریاچه ارومیه، افزایش آلودگی هوا، خشک شدن زاینده‌رود و بسیاری موارد دیگر را می‌توان نام برد. نگرانی امروزه جامعه ما اشتباه گرفتن سالخوردگی به معنای فردی با موضوع سالخوردگی به معنی جمعیت‌شناسی است. از نظر علم جمعیت‌شناسی اگر ۱۵ درصد جمعیت یک جامعه دارای سن بالای ۶۵ سال باشند آن جامعه سالخورده نامیده می‌شود. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده، در سال ۱۴۳۰، ۱۵ تا ۱۶ درصد جمعیت سن بالای ۶۵ سال را خواهند داشت. برآوردها نشان می‌دهد در آن زمان حدود ۶۳ تا ۶۴ درصد جمعیت کشور در سن ۱۵-۶۴ سال قرار دارند. بنابراین این‌گونه نیست که کل جمعیت کشور سالخورده می‌شوند، در آن شرایط هم جمعیت میان‌سال و بالقوه فعال، بیش از ۶۰ درصد خواهند بود.

در این پژوهش به علت اهمیت رشد جمعیت، که اولین چالش پیش روی حامل‌های انرژی در جهان است. به پیش‌بینی جمعیت استان تهران برای ۲۰ سال آینده می‌پردازیم. در فصل بعد تأثیر افزایش جمعیت بر تقاضای حامل‌های انرژی با استفاده از سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شده است.

۳-۶-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل جمعیت

این بخش از چهار گروه سنی ۰-۱۹، ۲۰-۴۴، ۴۵-۶۴ و ۶۵+ سال تشکیل شده که نشان‌دهنده‌ی کل جمعیت استان تهران است. شکل ۶ بیانگر این زنجیره‌ی سنی است. ساختار حالت و جریان گروه سنی به گونه‌ای است که با تولد گروه سنی ۰-۱۹ سال، جمعیت افزایش می‌یابد. جمعیت از تولد تا بلوغ در گروه سنی ۰-۱۹ سال تجمع می‌یابد و سپس با رسیدن به بلوغ از این گروه خارج می‌شود و وارد گروه سنی ۲۰-۴۴ سال می‌شود. این زنجیره سنی با افزایش سن ادامه می‌یابد تا وارد گروه سنی ۴۵-۶۴ سال می‌شود. پس از پایان بازنشستگی، جریان آخر به گروه سنی بالای ۶۵ سال می‌رسد و با افزایش مرگ و میر سالمندان جمعیت در گروه سنی ۶۵+ سال کاهش می‌یابد. علاوه بر این، در شکل ۶ مشاهده می‌شود که، در گروه سنی ۴۵-۶۴ سال یک جریان دیگر، ناشی از مرگ و میر بزرگسالان وجود دارد. همچنین، خالص مهاجرت، یک جریان خروجی از تمام گروه‌های سنی است. نرخ تولد و مرگ و میر بر کل جمعیت اثر می‌گذارد اما مهم‌ترین عامل افزایش و کاهش کل جمعیت، درک جذابیت منطقه است. به این معنی که اگر درک یا باور مردم این باشد که یک منطقه جذابیت خاص دارد به آن منطقه مهاجرت می‌کنند. در این مدل، نیروی کار تابع گروه سنی ۲۰-۴۴ و ۴۵-۶۴ سال و نرخ مشارکت نیروی کار (LFPR) است. مهاجرت‌های داخلی و خارجی، متغیرهای بیرونی مؤثر بر مهاجرت خالص برای تمام گروه‌های سنی است.



شکل ۶: نمودار حالت و جریان بخش جمعیت (وودرویل ۲۰۱۱)

۳-۶-۲ روابط ریاضی زیر مدل جمعیت به شرح زیر:

- | | | |
|-----|--|-------------|
| ۱-۱ | PT= | People |
| | $64 + "65 + "$ | |
| ۱-۲ | BR= constant | Percentage |
| ۱-۳ | births= "20-44"*birth rate | people/year |
| ۱-۴ | 0-19= INTEG ("0-19 NI "+births-maturing) | People |
| ۱-۵ | 0-19 NI= MAX (NIM*"0-19*PA-
XIDZ ("0-19"*NOM, PA, "0-19"), -1*"0-19") | people/year |
| ۱-۶ | NOM= constant | Percentage |
| ۱-۷ | maturing= "0-19"/20 | people/year |

1-8	20-44= INTEG (maturing+ YANI-aging-YAD)	People
1-9	NIM=constant	Percentage
1-10	YANI= MAX (PA *NIM*"20-44"-XIDZ 44"*NOM, PA, "20-44"), -1*"20-44")	people/year
1-11	aging= "20-44"/20	people/year
1-12	YAD= "20-44"*ADR	people/year
1-13	LF= ("20-44"+"45-64")*LFPR	People
1-14	LFPR= constant	Percentage
1-15	45-64= INTEG (ANI+ aging- AD-retiring)	People
1-16	ANI= MAX (PA *NIM*"45-64"-XIDZ ("45-64"*NOM, PA, "45-64"), -1*"45-64")	people/year
1-17	retiring= "45-64"/20	people/year
1-18	AD= "45-64"*ADR	people/year
1-19	ADR= constant	Percentage
1-20	+65= INTEG (ENI+ retiring- ED)	People
1-21	ED= "65+"/elder remaining life	people/year
1-22	ERL= constant	Year

$$1-23 \quad ENI = \text{MAX} (PA * NIM * "65+" - XIDZ \quad \text{people/year}$$

$$("65+" * NOM, PA, "65+"), -1 * "65+")$$

$$1-24 \quad PA = \text{constant} \quad Dmnl$$

با توجه به روابط بالا، PT جمعیت کل استان تهران، BR نرخ تولد، births جریان تولد، ۱۹-۰ جمعیت در گروه سنی ۰ تا ۱۹ سال، NI خالص مهاجرت در گروه سنی ۰ - ۱۹ سال، NOM مهاجرت نرمال به خارج، maturing بلوغ، 20-44 جمعیت در گروه سنی ۲۰ تا ۴۴ سال، NIM مهاجرت نرمال به داخل، YANI خالص مهاجرت جوانان، aging بزرگسالان، YAD مرگ جوانان، LF نیروی کار، LFPR نرخ مشارکت نیروی کار، 45-64 جمعیت در گروه سنی ۴۵ تا ۶۴ سال، ANI خالص مهاجرت بزرگسالان، retiring بازنشستگی، AD مرگ بزرگسالان، ADR نرخ مرگ بزرگسالان، +65 جمعیت در گروه سنی ۶۵ سال و بالاتر، ENI خالص مهاجرت سالمندان، PA جذابیت مشاهده شده، ED مرگ سالمندان، ERL عمر باقی مانده سالمندان.

۳-۷ زیر مدل مسکن

در برنامه ریزی برای افزایش و ساخت و ساز مسکن آنچه اهمیت دارد رشد خانوارها است و رشد جمعیت چندان حائز اهمیت نیست. در سال های ۶۵ - ۷۵ رشد جمعیت ۲ درصد و رشد خانوارهای کشور ۲,۵ درصد افزایش داشته است. این در حالی است که سال های ۸۵ - ۹۰ رشد جمعیت ۱,۳ درصد کاهش یافت اما رشد خانوارها به بیش از ۴ درصد رسید. امروزه سهم مسکن از تشکیل سرمایه ثابت به ۳۰ درصد، از اشتغال مستقیم کشور به ۱۲ درصد، از تسهیلات بانکی به حدود ۲۵ درصد و از کل گردش نقدینگی کشور به ۲۰ تا ۳۰ درصد هست.

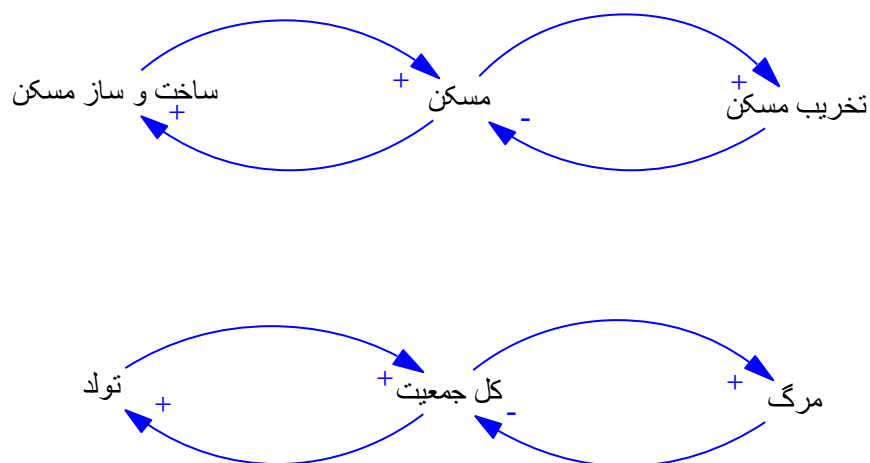
سهم دولت از کل سرمایه گذاری در بخش مسکن ۵/ تا ۳ درصد است، بیشتر سرمایه گذاری ها در بخش مسکن به بخش خصوصی تعلق دارد و سهم دولت در این زمینه بسیار ناچیز است لذا دخالت بدون اندیشه دولت در بخش مسکن علاوه بر ایجاد مشکلات، شرایط سختی را در این بخش به وجود

آورده است. عدم تناسب ساخت و ساز مسکن در کشور با افزایش خانوارها سبب شده شاهد مشکلاتی در این حوزه باشیم. به طوری که ۱,۵ میلیون نفر از جمعیت کشور وضعیت مسکن مناسبی ندارند. این نشان دهنده‌ی مداخله‌ی نامناسب دولت طی چند سال اخیر در حوزه‌ی ساخت و ساز است که سبب بروز مشکلات زیادی در این زمینه شده و کیفیت زندگی در استان‌ها به پایین‌ترین سطح خود رسیده است. کلان استان تهران با جمعیت ۷,۵ میلیون نفر برای زندگی با مشکلات زیادی روبه رو بود که بی‌نظمی و بی‌برنامگی در بخش ساخت و ساز به این مشکلات افزود و جمعیت را به بیش از ۸,۶ میلیون نفر افزایش داد. با صدور پروانه‌های ساختمانی جمعیت تهران به ۱۱ میلیون و ۶۰۰ هزار نفر رسید لکن این مسئله در ایجاد مشکلات استانی نقش مهمی دارد.

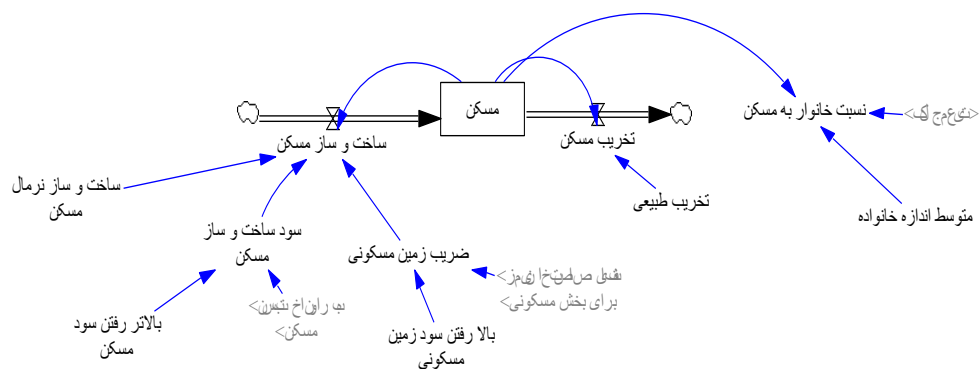
۳-۷-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل مسکن

مدل مسکن، خط مشی ساختار مسکن را توصیف می‌کند. جریان ساخت و ساز مسکن تعداد مسکن را افزایش می‌دهد در حالی که، جریان تخریب از تعداد مسکن موجود می‌کاهد. این جریان در شکل ۸ نشان داده شده است. ساخت و ساز مسکن توسط عوامل متعددی از جمله مهاجرت جمعیت، تراکم مسکن و ازدیاد جمعیت مشخص شده است. در صورت وجود تراکم مسکن در یک منطقه، مردم به آن محل مهاجرت می‌کنند. و در صورتی که مسکن محدودی باشد، مردم از آن منطقه به منطقه‌ای که ازدیاد مسکن باشد، مهاجرت می‌کنند. در صورت مهاجرت مردم به مناطق پرتراکم جمعیت، نسبت خانوار به مسکن افزایش می‌یابد، در نتیجه ساخت و ساز در آن منطقه افزایش می‌یابد. حلقه‌های بازخورد جزئی در بخش جمعیت و مسکن وجود دارد که در سراسر مدل به عنوان ضریب نرخ رشد سهام به کار می‌رود که در شکل ۷ نشان داده شده است. در بخش جمعیت یک حلقه‌ی کوچک حاوی تولد و جمعیت و در بخش مسکن حلقه‌ی کوچکی حاوی ساخت و ساز و مسکن وجود مشاهده می‌شود. این حلقه‌های جزئی محرک مدل برای رشد مثبت هستند. و حلقه‌ی مرگ و میر در مدل جمعیت و حلقه‌ی تخریب مسکن در مدل مسکن، حلقه‌های جزئی محرک مدل برای رشد منفی هستند. حلقه‌های مثبت در واقع

به وسیله‌ی حلقه‌های منفی کنترل شده و متعادل می‌شوند. در نتیجه حلقه‌های منفی محدودکننده هستند. شکل ۵ حلقه‌های جزئی مثبت و منفی را نشان می‌دهند. حلقه‌های مثبت محرک رشد و حلقه‌های منفی محدودکننده رشد هستند.



شکل ۷: نمودار بازخورد جزئی حلقه‌های مثبت و منفی در بخش جمعیت و مسکن



شکل ۸: نمودار حالت و جریان بخش مسکن (وودرویل ۲۰۱۱)

۲-۷-۳ روابط ریاضی زیر مدل مسکن به شرح زیر:

۲-۱	Housing= INTEG (HC-HD)	Houses
۲-۲	HC= HCN*HAM*HLM*housing	houses/year
۲-۳	HD= DN*housing	houses/year
۲-۴	HCN= constant	Percentage
۲-۵	HAM= "HAML"(HTHR)	Dmnl
۲-۶	HAML= "([(0. 5,0)-(1,1.5)] ,(0.56,0.15) , (0.6,0.18),(0.67,0.23),(0.74,0.33), (0.8,0.4) ,(0.87,0.49),(0.93,0.6),(1,1))	Dmnl
۲-۷	HLM= "HLML"(RLFO)	Dmnl
۲-۸	HLML= "([(0, 0)-(1, 1.25)], (0,1.25),(0.08,1), (0.2,0.8),(0.3,0.6),(0.4,0.5),(0.5,0.33),(0.66,0.25),(0.82,0.15),(1,0))	Dmnl
۲-۹	DN= constant	Percentage
۲-۱۰	HTHR= XIDZ ((total population /avg family size), Housing, 20000)	households/houses
۲-۱۱	AFS= constant	People

با توجه به روابط بالا، Housing کل مسکن موجود در استان تهران، HC ساخت‌وساز مسکن، HCN ساخت‌وساز نرمال مسکن، HD تخریب مسکن، HAM سود ساخت‌وساز مسکن، HAML بالا رفتن سود

مسکن (لوکاپ)، HLM ضریب زمین مسکونی، HLML بالا رفتن سود زمین مسکونی (لوکاپ)، DN تخریب نرمال مسکن، HTHR نسبت خانوار به مسکن، AFS متوسط اندازه خانوار.

۳-۸ زیر مدل جذابیت منطقه

این بخش تأثیر عوامل مختلف را بر جذابیت کل منطقه برای ساکنان نشان می‌دهد. در زیر مدل جذابیت منطقه به دلیل پایتخت بودن تهران، و دارا بودن بیشترین امکانات و خدمات، نسبت به استان‌های دیگر ایران، بالاترین رتبه را برای متغیر خدمات نسبی منطقه و بازار کار نسبی در نظر گرفته‌شده و به دلیل بیشتر تراکم جمعیت که تهران دارد، کمترین رتبه را برای متغیر در دسترس بودن مسکن و زمین‌های استفاده‌شده در نظر گرفته‌ایم. عوامل جذابیتی که حاصل مصاحبه با مدیر GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) در این رابطه بوده عبارت‌اند از: خدمات مطلوب استانی، فضای باز، احساس راحتی در منطقه و داشتن شغل که در شکل ۹ مشاهده می‌شود. داشتن این عوامل برای یک منطقه به معنای جذاب بودن آن منطقه است. درحالی‌که نبود این ویژگی‌ها به منزله‌ی عدم جذابیت در منطقه است. در جدول ۲ عوامل جذابیت، رتبه‌بندی شده است. عدد ۲ بالاترین و عدد ۱ کمترین رتبه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: عوامل مؤثر در جذابیت و رتبه‌بندی

شماره	عامل	رتبه‌ی عامل
۱	خدمات نسبی منطقه	۲
۲	بازار نسبی کار	۲
۳	در دسترس بودن مسکن	۱
۴	زمین‌های استفاده‌شده	۱

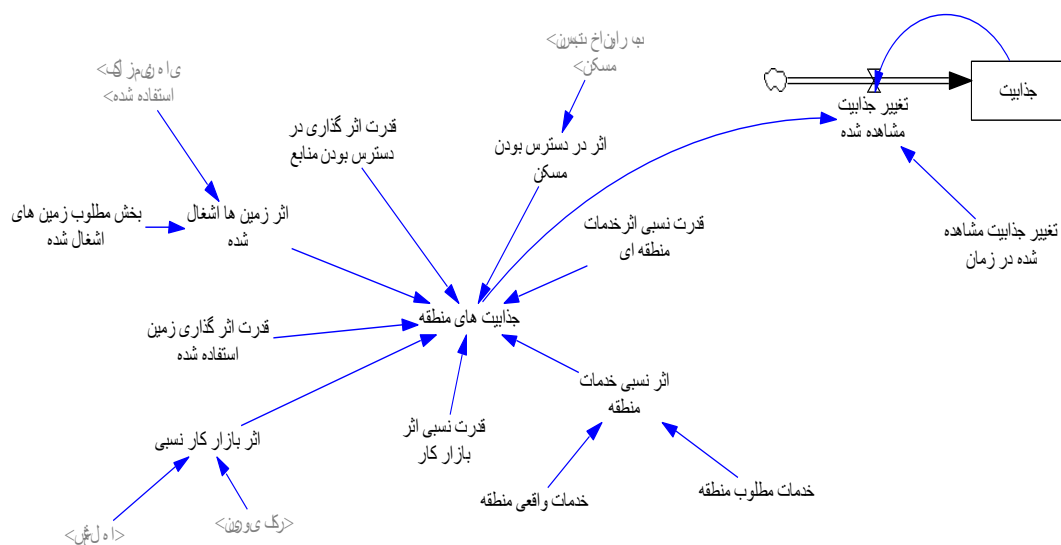
منبع: مرکز آمار

۳-۸-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل جذابیت منطقه

به منظور معنادار بودن نمودار جذابیت منطقه، به هر یک از عوامل به جزء خدمات نسبی منطقه عددی بین ۰ تا ۲ داده شده است. عدد صفر بیشترین جذابیت و عدد ۲ کمترین جذابیت را نشان می‌دهد. به خدمات نسبی منطقه عددی بین ۰/۱ - ۱۰ داده شده است. ۱/۱ بیشترین جذابیت و ۱۰ کمترین جذابیت را دارد. به هر اثر نیز علامت مخصوصی اختصاص داده شده است. هر اثر و نقطه‌ی قوت جذابیت منطقه به طور متوسط در سراسر منطقه با استفاده از میانگین هندسی اندازه‌گیری شده است. از آنجایی که جذابیت منطقه یک متغیر است و اندازه‌ی آن به وجود بیش از یک متغیر غیرخطی بستگی دارد ما با استفاده از فرمول مشترک، مجموعه متغیر (Y/Y^*) را به دست آوردیم.

قسمت مهم این بخش ساختار ذهنی افراد است. مهم‌ترین قسمت این است که جذابیت مشاهده‌شده بر روی ساختار ذهنی چقدر اثر داشته باشد. این جذابیت‌ها به یکباره در ذهنیت مردم ایجاد نمی‌شود بلکه به مرور زمان اتفاق می‌افتد. برای تغییر جذابیت در ذهنیت افراد به یک سال زمان احتیاج است.

(وودرویل و همکاران ۲۰۱۱)



شکل ۹: نمودار حالت و جریان جذابیت منطقه (وودرویل ۲۰۱۱)

۳-۸-۲ روابط ریاضی زیر مدل جذابیت منطقه به شرح زیر:

۳-۱	$RA = ((EHA \wedge SHA E) * (ERRS \wedge SRRSE) * (ERJM \wedge SRJME)) * (ELO \wedge SLOE)) \wedge (1 / (SHA E + SRRSE + SRJME + SLOE))$	Dmnl
۳-۲	SRJME= constant	Dmnl
۳-۳	ERJM= WITH LOOKUP (XIDZ (labor force, jobs,2),([(0,0)(2,2)],(0,2),(0.2,1.96),(0.4,1.83),(0.6,1.65), (0.8,1.4),(1,1),(1.2,0.7), (1.6,0.35),(2,0.13)))	Dmnl
۳-۴	LF= ("20-44"+"45-64")*LFPR	People
۳-۵	SLOE= constant	Dmnl
۳-۶	ELO= WITH LOOKUP (total land fraction occupied /desired LFO,([(0,0)(2,2)],(0,2),(0.2,1.94),(0.4,1.8), (0.6,1.6),(0.8,1.3),(1,1),(1.2,0.7), (1.4,0.44),(2,0.01)))	Dmnl
۳-۷	$TLFO = (housing * LPH + CB * LPC + IB * LPI + LUT) / TLA$	Dmnl
۳-۸	DLFO= constant	Dmnl
۳-۹	SHA E= constant	Dmnl
۳-۱۰	EHA= WITH LOOKUP (HHR,([(0,0)-(2,2)], (0,2),(0.2,1.94),(0.4,1.8),(0.6,1.6),(0.8,1.3),(1,1), (1.2,0.7),(1.4,0.44),(2,0.01)))	Dmnl

۱-۱۱	HHR= XIDZ ((TP /AFS), housing, 20000)	households/ houses
۱-۱۲	CPA= (RA-PA)/ TCPA	1 /year
۱-۱۳	attractiveness= constant	Dmnl
۱-۱۴	TCPA= constant	Year
۱-۱۵	SRRSE= constant	Dmnl
۱-۱۶	ERRS= WITH LOOKUP (DRS/ARS, ((0.1,0) (10,2)],(0.1,2),(0.2,1.75),(0.4,1.5),(0.6,1.2), (1,1),(1.25,0.9),(4.7,0.56),(7,0.35),(10,0.13)))	Dmnl
۱-۱۷	ARS= constant	Services
۱-۱۸	DRS= constant	Services

با توجه به روابط بالا، RA جذابیت‌های منطقه، SRJME اثر قدرت نسبی بازار کار، ERLM اثر نسبی بازار کار، LF نیروی کار، SLOE قدرت اثر گذرای بر روی زمین استفاده‌شده، ELO اثر زمین‌های اشغال‌شده، TLFO کل زمین‌های استفاده‌شده، DLFO بخش مطلوب زمین‌های استفاده‌شده، SHAE اثر قدرت گذاری بر روی در دسترس بودن منابع، EHA اثر در دسترس بودن منابع، HHR نسبت خانوار به مسکن، CPA تغییر جذابیت مشاهده‌شده، attractiveness جذابیت مشاهده‌شده، TCPA تغییر جذابیت مشاهده‌شده در زمان، SRRSE اثر قدرت نسبی خدمات منطقه، ERRS اثر نسبی خدمات منطقه، ARS خدمات واقعی منطقه، DRS خدمات مطلوب منطقه

۹-۳ زیر مدل استفاده از زمین

سکونت مهم‌ترین کارکرد استانی است که همراه با فعالیت‌های پشتیبان (برای تأمین نیازهای روزمره و اولیه سکنه)، بیشترین اراضی استانی تهران را در بر گرفته و قلمرو با اهمیت و متنوعی را تشکیل می‌دهد. در سال ۱۳۹۲ بر اساس اطلاعات مرکز آمار ۳۶۲۷۰۰۰ واحد مسکونی در تهران وجود داشته است و مجموع قطعات مسکونی که مساحت کاربری مسکونی محدوده استان هست، ۱۸۰ کیلومترمربع است. این مقدار معادل ۲۸/۸ درصد از مساحت کل استان تهران را در بر می‌گیرد.

بافت مختلط مسکونی و فعالیت: این نواحی، از رشد فضاهای کار و فعالیت در بافت‌های مسکونی پدید آمده و محدوده‌ای مختلط از فعالیت و سکونت است. این بافت عمدتاً محورهای خدماتی و تجاری است که غالباً از گسترش ساختمان‌های مختلط با کاربری‌های متنوع در طبقات و یا استقرار بناهای مسکونی، تجاری و خدماتی در پهنه‌ای واحد، شکل گرفته و بیشتر در محدوده مرکزی استان (مناطق ۶، ۷، ۱۱، ۱۰ و ۱۷)، حول محورهای عمده خدماتی و یا مراکز استانی و منطقه‌ای است. بخش محدودی از اختلاط کار و فعالیت با سکونت نیز ناشی از گسترش واحدهای تولیدی - کارگاهی در بافت‌های مسکونی است.

- مختلط مسکونی با صنایع خدماتی و کارگاه‌ها: بافتی که عمدتاً شامل کارگاه‌ها و خدمات صنعتی در کنار با سکونت بوده و از اختلاط این دو به وجود می‌آیند. گسترش نادرست خدمات صنعتی و کارگاهی در بافت مسکونی موجب کاهش توأمان کارایی و زیست پذیری در نواحی جنوبی و جنوب غربی استان شده است.

جدول ۲: فراوانی کاربری اراضی تهران سال ۹۲

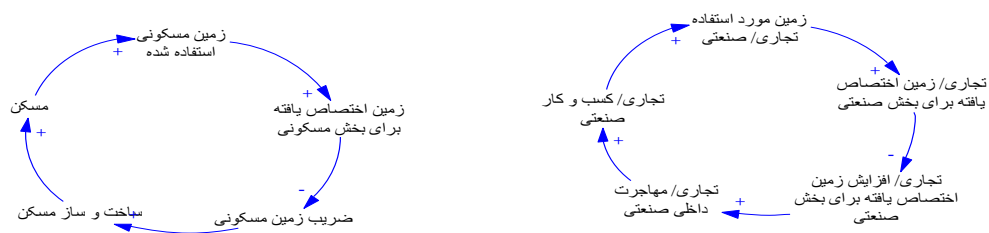
ردیف	نوع کاربری اراضی	سطح اشغال (کیلومتر مربع)	نسبت به کل
۱	مسکونی	۲۶۶	۳۵
۲	تجاری- اداری	۸۰	۱۰
۳	صنعتی- کارگاهی	۱۲۰	۱۶
۴	حمل و نقل و انبارداری	۳۰۰	۳۹
۵	مجموع کاربری ها	۷۶۶	۱۰۰

منبع: مرکز آمار

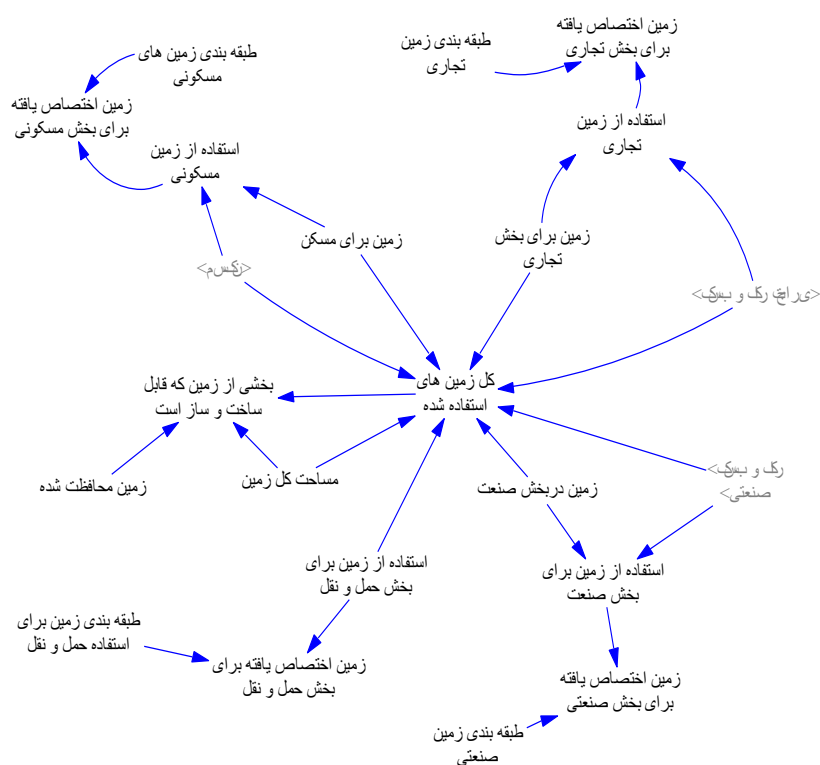
۳-۹-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل استفاده از زمین

بخش کاربری زمین، محاسبه‌ی کل زمین استفاده‌شده به وسیله‌ی مسکن، اماکن تجاری و سازه‌های صنعتی در منطقه است. برای محاسبه‌ی بخش استفاده‌شده‌ی زمین لازم است زمین‌های منطقه به قسمت‌های تجاری، صنعتی و مسکونی تقسیم شوند. اگر به بخش تجاری شکل ۱۱ نگاه کنید مشاهده خواهید کرد که با تقسیم زمین تجاری استفاده‌شده بر کل زمین، کسر زمین استفاده‌شده‌ی تجاری به دست می‌آید. کسر کل زمین استفاده‌شده بر جذابیت منطقه اثر می‌گذارد. اگر کسر زمین استفاده‌شده در بخش‌های صنعتی و تجاری محدود باشد جذابیت مشاهده‌شده‌ی منطقه افزایش می‌یابد. و اگر کسر زمین استفاده‌شده در این دو بخش افزایش یابد جذابیت منطقه کاهش می‌یابد. چنان چه کسر زمین استفاده‌شده در بخش مسکن افزایش یابد، باعث کمیاب شدن زمین برای بخش‌های تجاری و ساخت‌وساز واحدهای جدید صنعتی می‌شود. در این مدل دو بخش جذابیت وجود دارد: الف) جذابیت ساخت ساز؛ ب) جذابیت کسب و کار. بر این اساس دو حلقه‌ی بازخورد در این بخش (شکل ۱۰) وجود دارد: یکی

حلقه‌ی بازخورد برای مسکن و دیگری برای کسب و کار. این دو بخش مستقل از یکدیگر هستند. و به وسیله‌ی حلقه‌های متعادل کننده (حلقه‌ی منفی) کنترل می‌شوند.



شکل ۱۰: حلقه‌های بازخورد متعادل کننده برای مسکن و کسب و کار



شکل ۱۱: نمودار علی- معلولی بخش استفاده از زمین (۲۰۱۱)

۲-۹-۳ روابط ریاضی زیر مدل زمین به شرح زیر:

۴-۱	$TLFO = (housing * LPH + CB * LPC + Dmnl$ $IB * LPI + LUT) / TLA$	
۴-۲	$TLA = constant$	sq miles
۴-۳	$LPI = constant$	sq miles/industrial business
۴-۴	$LUI = IB * LPI$	sq miles
۴-۵	$LUT = constant$	sq miles
۴-۶	$ILFO = LUI / LZI$	Dmnl
۴-۷	$LZI = constant$	sq miles
۴-۸	$TLFO = (housing * LPH + CB * LPC + IB * LPI +$ $LUT) / TLA$	Dmnl
۴-۹	$LZT = constant$	sq miles
۴-۱۰	$IB = INTEG ("IIM" - "IO")$	Businesses
۴-۱۱	$BLFO = (TLA * TLFO) / (TLA - PL)$	Dmnl
۴-۱۲	$PL = constan$	sq miles
۴-۱۳	$LPH = constant$	sq miles/house
۴-۱۴	$housing = INTEG (HC - HD)$	Houses

۴-۱۵	$LUR = \text{housing} * LPH$	sq miles
۴-۱۶	$RLFO = LUR / LZR$	Dmnl
۴-۱۷	$LZR = \text{constan}$	sq miles
۴-۱۸	$LZC = \text{constan}$	sq miles
۴-۱۹	$CLFO = LUC / LZC$	Dmnl
۴-۲۰	$LPC = \text{constan}$	sq miles/ CB
۴-۲۱	$LUC = CB * LPC$	sq miles
۴-۲۲	$CB = \text{INTEG ("CIM"-"COM")}$	Businesses

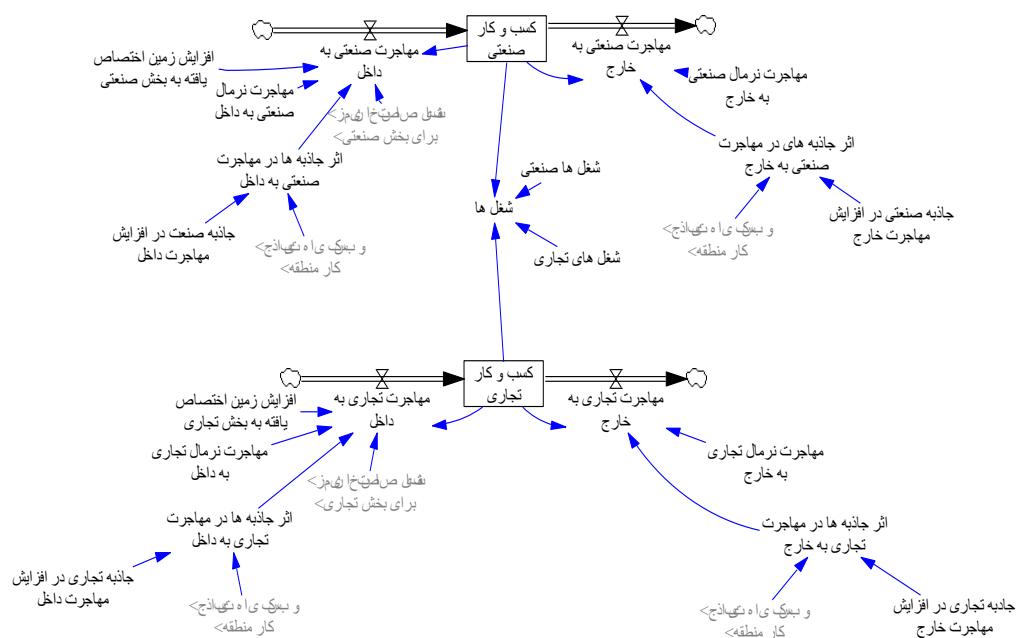
با توجه به روابط بالا، TLFO کل زمین‌های استفاده‌شده، TLA مساحت کل زمین، LPI زمین در بخش صنعت، LUI استفاده از زمین برای بخش صنعت، LUT استفاده از زمین برای بخش حمل و نقل، LZI طبقه‌بندی زمین صنعتی، LZT طبقه‌بندی زمین برای استفاده‌ی بخش حمل و نقل، ILFO زمین اختصاص‌یافته برای بخش صنعت، TLFO زمین اختصاص‌یافته برای بخش حمل و نقل، IB کسب و کار صنعتی، BLFO بخشی از زمین که قابلیت ساخت و ساز را دارد، PL زمین محافظت‌شده، LPH زمین برای بخش مسکن، housing مسکن، LUR استفاده از زمین مسکونی، RLFO زمین اختصاص‌یافته برای بخش مسکن، LZR طبقه‌بندی زمین مسکونی، LZC طبقه‌بندی زمین تجاری، CLFO استفاده از زمین برای بخش تجاری، LPC زمین برای بخش تجاری، LUC استفاده از زمین برای بخش تجاری، CB کسب و کار تجاری.

۳-۱۰ زیر مدل کسب و کار صنعتی و تجاری

مدل ارائه شده سعی در توسعه کسب و کار تجاری و صنعتی در منطقه دارد. بنابراین یکی از اهداف ما از زیر مدل کسب و کار در مدل استان تهران برای توسعه و رشد یا میل به سوی کسب و کار تجاری و صنعتی در منطقه است. امروزه کل اشتغالزایی کشور از طریق بخش‌های کشاورزی، صنعت، خدمات و تجارت صورت می‌گیرد و مجموعه شاغلان کشور که ۲۱ میلیون نفر هستند به صورت مستقیم و غیرمستقیم در زیرگروه‌های بخش‌های یادشده فعالیت می‌کنند.

۳-۱۰-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل کسب و کار صنعتی و تجاری

کسب و کار صنعتی و تجاری در استان تهران در صورتی رونق پیدا می‌کند که منطقه جذابیت‌های لازم را داشته باشد و در صورت عدم جذابیت، کسب و کار دچار رکود خواهد شد. شکل ۱۲ بخشی از زمین‌های که برای کاربری‌های تجاری و صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند از جمله: مهاجرت نرمال صنعتی و تجاری، تأثیر جذابیت بر مهاجرت صنعتی و تجاری و تعداد مشاغل صنعتی و تجاری را نشان می‌دهد که این عوامل فاکتورهای هستند که بر رشد یا کاهش تعداد مشاغل تأثیر می‌گذارند. در صورتی که قطعه زمین‌ای اشغال شده افزایش پیدا کند تعداد کسب و کارهای جدید کاهش پیدا می‌کند و از جذابیت منطقه کاسته می‌شود. وقتی که مهاجرت صنعتی و تجاری، تأثیر جذابیت بر مهاجرت صنعتی و تجاری و تعداد کسب و کار در منطقه افزایش پیدا کند بر تعداد مشاغل جدید نیز افزوده می‌شود یعنی با تعداد خالص تغییرات در کسب و کار سروکار داریم.



شکل ۱۲: نمودار حالت و جریان بخش کسب و کار (۲۰۱۱)

۳-۱۰-۲ روابط ریاضی زیر مدل کسب و کار صنعتی به شرح زیر:

۵-۱	$IB = \text{INTEG} ("IIM" - "IO")$	Businesses
۵-۲	$IIM = "ILFOL"(ILFO) * IB * "EA IIM" * "NIIM"$	businesses/year
۵-۳	$IOM = IB * "NIO" * "EA IOM"$	businesses/year
۵-۴	$ILFOL = ([(0,0) - (1,1.2)], (0,1.2), (0.12,1.05), (0.24,1.01), (0.35,1), (0.43,0.78), (0.52,0.61), (0.59,0.42), (0.68,0.29), (0.81,0.19), (1,0))$	
۵-۵	$NIIM = \text{constan}$	Dmnl
۵-۶	$ILFO = LUI / LZI$	Dmnl

Δ-٧	EAIIM= "IAIML"(RBA)	Dmnl
Δ-٨	IAIML= ([(0,0)-(2,2)] , (0,0) , (0.32,0.4), (0.55, 0.67), (0.75,0.88), (1,1), (1.3,1.6), (1.66,1.8), (2,2))	
Δ-٩	Jobs= IB*JPI+ CBJ	Jobs
Δ-١٠	JPI= constan	jobs/CB
Δ-١١	JPC= constan	jobs/CB
Δ-١٢	NIOM= constan	Dmnl
Δ-١٣	EAIOM= "IAOML"(RBA)	Dmnl
Δ-١٤	IAOML= ([(0,0)(2,20)], (0,20), (0.3,6), (0.55,3), (1,1), (1.5,0.5), (2,0))	
Δ-١٥	CB= INTEG ("CIM"- "COM")	Businesses
Δ-١٦	CIM= "CLFOL"(CLFO)*"EACIM"*CB*"NCIM"	businesses/year
Δ-١٧	COM= CB*"EACOM" * "NCOM"	businesses/year
Δ-١٨	CLFOL= ([(0,0)-(1,1.25)], (0,1.25), (0.152905,1.08553) (0.321101,1.01974), (0.5,1), (0.550459,0.778509), (0.65,0.66), (0.72,0.53), (0.79,0.24), (1,0))	
Δ-١٩	NIIM= constan	Dmnl
Δ-٢٠	CLFO= LUC/LZC	Dmnl

۵-۲۱	NCIM= constan	Dmnl
۵-۲۲	EACIM= "CAIML"(RBA)	Dmnl
۵-۲۳	CAIML= ([(0,0)-(2,3)], (0,0), (0.32,0.4), (0.55,0.67), (0.75,0.88), (1,1), (1.3,1.56), (1.66,2.23), (2,3))	
۵-۲۴	NCOM= constan	Dmnl
۵-۲۵	EACOM= "CAOML"(RBA)	Dmnl
۵-۲۶	CAOMK= ([(0,0)(2,20)], (0,20), (0.3,6), (0.55,3), (1,1), (1.5,0.5), (2,0))	

با توجه به روابط بالا، IB کسب و کار صنعتی، IIM مهاجرت صنعتی به داخل، IOM مهاجرت صنعتی به خارج، ILFO زمین اختصاص یافته به بخش صنعتی، NIIM مهاجرت نرمال صنعتی به داخل، EAIIM اثر جاذبه‌های منطقه در مهاجرت صنعتی به داخل، RBA جذابیت‌های کسب و کار در کسب در صنعت، IAIL جاذبه‌های صنعتی در افزایش مهاجرت صنعتی، Jobs کل شغل‌ها، JPI شغل‌های صنعتی، JPC شغل‌های تجاری، NIOM اثر جاذبه‌های منطقه در مهاجرت صنعتی به خارج، EAIOM اثر جاذبه‌ها در مهاجرت صنعتی به خارج، IAOML جاذبه‌ی صنعتی در افزایش مهاجرت به خارج، CB کسب و کار تجاری، CIM مهاجرت تجاری به داخل، COM مهاجرت تجاری به خارج، CLFO زمین اختصاص یافته به بخش تجاری، NCIM مهاجرت نرمال تجاری به داخل، EACIM اثر جاذبه‌های منطقه در مهاجرت تجاری به داخل، CAIML جاذبه تجاری در افزایش مهاجرت به داخل، NCOM مهاجرت نرمال تجاری به خارج، EACOM اثر جاذبه‌ها به مهاجرت تجاری به خارج، CAOMK اثر جاذبه‌ی تجاری در افزایش مهاجرت داخلی.

۳-۱۱ زیر مدل جذابیت‌های کسب و کار

زیرمدل جذابیت‌های کسب و کار به زیر مدل جذابیت منطقه شباهت دارد با این تفاوت که عوامل تأثیرگذار در این قسمت تغییر کرده است. عوامل مؤثر بر جذابیت کسب و کار در منطقه عبارت‌اند از: ۱- در دسترس بودن نیروی کار ماهر؛ ۲- هزینه‌ی انجام کسب و کار؛ ۳- خدمات مخابراتی؛ ۴- امنیت منطقه هستند. عوامل یادشده بر اساس این پرسش از مسؤولین انتخاب می‌شوند که: چه عواملی بر تصمیم‌گیری در کسب و کار تأثیر بیشتر دارند؟ برای این عوامل رتبه‌بندی انجام گرفته است.

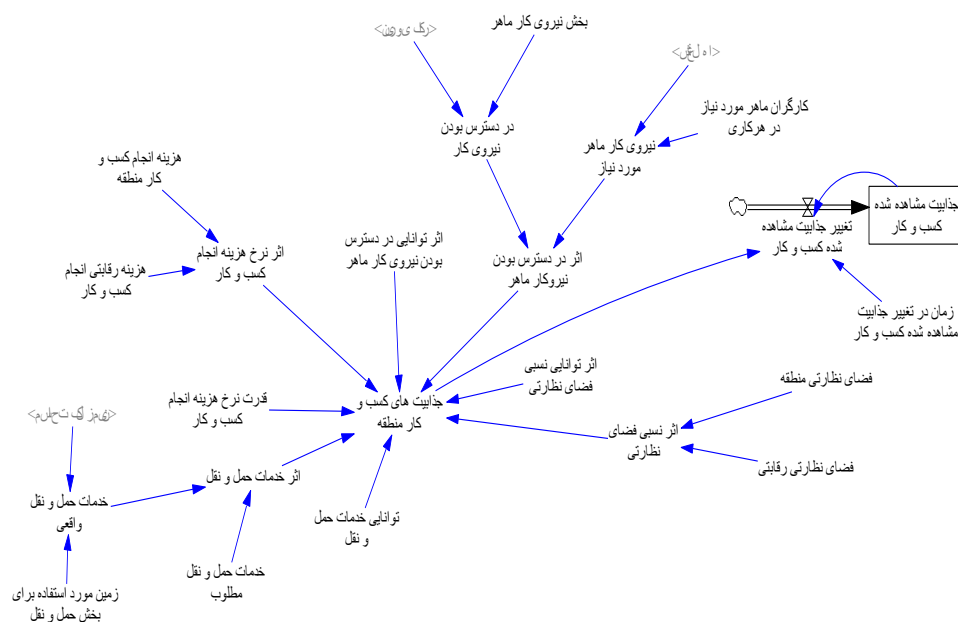
جدول ۳: عوامل مؤثر در رتبه‌بندی جذابیت کسب و کار

ردیف	عوامل	رتبه
۱	هزینه انجام کسب و کار	۱,۵
۲	در دسترس بودن نیروی کار	۱,۴
۳	محیط نظارتی منطقه	۱,۳
۴	خدمات مخابراتی	۱,۲

۳-۱۱-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل جذابیت‌های کسب و کار

به منظور معنادار بودن نمودار جذابیت کسب و کار، برای چهار عامل خدمات مخابراتی، محیط نظارتی منطقه، در دسترس بودن نیروی کار و هزینه‌ی انجام کسب و کار مقیاس عددی بین صفر تا ۲ در نظر گرفته می‌شود. برای خدمات مخابراتی، محیط نظارتی منطقه، هزینه‌ی انجام کسب و کار عدد صفر به معنای پایین‌ترین جذابیت و عدد ۲ به معنای بیشترین جذابیت در منطقه است. برای در دسترس بودن نیروی کار عدد صفر بیشترین جذابیت و عدد ۲ کمترین جذابیت را دارد. به هر اثر نیز علامت مخصوصی

اختصاص داده می‌شود. به طور کلی اثرات و نقاط قوت در جذابیت منطقه با استفاده از میانگین هندسی آن محاسبه می‌شود. از آنجا که جذابیت کسب و کار منطقه یک متغیر است و نتیجه‌ی آن به صورت غیرخطی به بیش از یک متغیر دیگر وابسته است. ما با استفاده از یک فرمول مشترک، که مقدار مرجع آن مجموع متغیر ضرب در اثرات مختلف محصول با هر یک از تابع باارزش واقعی عامل جذابیت کسب و کار (ورودی) هست. برای محاسبه جذابیت کسب و کار استفاده می‌کنیم.



شکل ۱۳: نمودار حالت و جریان بخش جذابیت کسب و کار (۲۰۱۱)

۲-۱۱-۳ روابط ریاضی زیر مدل جذابیت کسب و کار صنعتی به شرح زیر:

۶-۱	$PBA = \text{INTEG} (CPBA, RBA)$	Dmnl
۶-۲	$CPBA = (RBA - PBA) / TCPBA$	1/year
۶-۳	$TCPBA = \text{constan}$	Year
۶-۴	$SRREE = \text{constan}$	Dmnl

٤-٥	ERRE= WITH LOOKUP (RRE/CRE ,([(0,0) (2,2)], (0,0.14),(0.2,0.5),(0.4,0.7),(0.6,1),(0.8,1.4), (1,1.66), (1.2,1.85),(1.4,1.96),(2,2)))	Dmnl
٤-٧	RRE= consta	Dmnl
٤-٨	CRE= constan	Dmnl
٤-٩	STSE= constan	Dmnl
٤-١٠	ETS= WITH LOOKUP (DTS/AT,([(0,0)(1,2)],(0,0.14),(0.2,0.5),(0.4,0.7),(0.6,1), (0.8,1.4),(1,2)))	Dmnl
٤-١١	DTS= constan	Services
٤-١٢	ATS= constan	Services
٤-١٣	TLA= constan	sq miles
٤-١٤	LUT= constan	sq miles
٤-١٥	SRTRE= constan	Dmnl
٤-١٧	ERTR= WITH LOOKUP (RTDB/CTDB,([(0,0)- (2,2)],(0,0.01),(0.2,0.28),(0.4,0.69),(0.6,1),(0.8,1.3),(1,1.6), (1.2,1.8), (1.6,1.94),(2,2)))	Dmnl
٤-١٨	RTR= constan	Dmnl
٤-١٩	CTR= constan	Dmnl
٤-٢٠	SSLAE= constan	Dmnl

۶-۲۱	EASL= WITH LOOKUP (XIDZ(DSL,ASL,2),([(0,0), (2,2)],(0,2),(0.2,1.94),(0.4,1.8),(0.6,1.6),(0.8,1.3),(1,1), (1.2,0.69), (1.6,0.28),(2,0.01)))	Dmnl
۶-۲۲	ASL= LF *FLS	People
۶-۲۳	LF= ("20-44"+"45-64")*LFPR	People
۶-۲۴	FLS= constan	Dmnl
۶-۲۵	DSL= SLR PJ*jobs	People
۶-۲۶	SLRPJ= constan	people/jobs

با توجه به مطالب بالا، PBA جذابیت مشاهده‌شده‌ی کسب و کار، CPBA تغییر در جذابیت مشاهده‌شده‌ی کسب و کار است، TCBA تغییر زمان در جذابیت مشاهده‌شده‌ی کسب و کار است، SRREE اثر توانایی نسبی فضای نظارتی، ERRE اثر نسبی فضای نظارتی، RRE فضای نظارتی منطقه، CRE فضای نظارتی رقابتی، STSE توانایی خدمات حمل و نقل، ETS اثر خدمات حمل و نقل، DTS خدمات مطلوب حمل و نقل، ATS خدمات واقعی حمل و نقل، TLA مساحت کل زمین، LUT زمین مورد استفاده برای بخش حمل و نقل، SRTRE قدرت نرخ انجام کسب و کار، ERTR اثر نرخ هزینه‌ی انجام کسب و کار، RTR هزینه‌ی انجام کسب و کار منطقه، CTR هزینه‌ی رقابتی انجام کسب و کار، SSLAE اثر توانایی در دسترس بودن نیروی کار ماهر، EASL اثر در دسترس بودن نیروی کار ماهر، ASL در دسترس بودن نیروی کار، LF نیروی کار، FLS بخش نیروی کار ماهر، DSL بخش نیروی کار ماهر مورد نیاز، SLRPJ کارگران مورد نیاز در هر کاری.

۳-۱۲ زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی

انرژی به شکل‌های مختلف وجود دارد که در حین فرایندهای فیزیکی به شکل‌های دیگر انتقال داده شده یا تغییر شکل پیدا می‌کند. اکثر لغتنامه‌های مشهور شکل‌های انرژی را بدون دقت در جزئیات استفاده می‌کنند. با تعریف شبه ماده سعی شده است که تعریف دقیق تر و کلی تری از شکل‌های انرژی بیان شود و با توجه به این که همیشه انرژی حداقل با یکی از کمیت‌های فیزیکی جریان می‌یابد، مفهوم حامل‌های انرژی معرفی شده است. این مفهوم بیان می‌کند که چگونه انرژی تغییر پیدا می‌کند سپس جا به جا و ذخیره می‌شود.

تعریف انرژی: انرژی توانایی و قابلیت انجام دادن کاری از سوی انسان‌ها و یا سایر اشیاء و اجسام است به انرژی کار مایه نیز گفته می‌شود. از نظر علمی : انرژی میزان توانی است که در زمان معین برای انجام یک کار صرف می‌شود.

انواع انرژی: انرژی همواره به شکل‌های مختلف و انواع گوناگون از آغاز تاکنون در خدمت انسان‌ها بوده و در شکل‌های مختلف ماهیچه‌ای، مکانیکی، گرمایی، شیمیایی، الکتریکی، تابشی اتمی و ... رفاه و آسایش فراوانی به انسان‌ها عرضه داشته است. یکی از تقسیم‌بندی‌های آن بر اساس حامل‌های انرژی انجام می‌گیرد: منظور از حامل‌های انرژی، ماده‌ای است که انرژی را در خود ذخیره می‌کند، این مواد معمولاً پس از یک یا چند بار تغییر شکل دادن به صورت یک حامل نهایی یا یک انرژی نهایی درمی‌آیند که به دست مصرف‌کننده می‌رسد.

حامل‌های (انرژی) را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: ۱- انرژی اولیه؛ ۲- انرژی ثانویه

انرژی اولیه : به صورتی از انرژی که در معرض هیچ‌گونه تبدیل قرار نگرفته باشد. یا به عبارت دیگر صورتی از انرژی که در طبیعت در دسترس باشد مانند نفت خام استخراج و یا گاز طبیعی خام (تصفیه

نشده). این نوع انرژی خود به دو گروه تقسیم می‌شود: الف) انرژی‌های تجدید؛ ب) انرژی‌های تجدیدناپذیر.

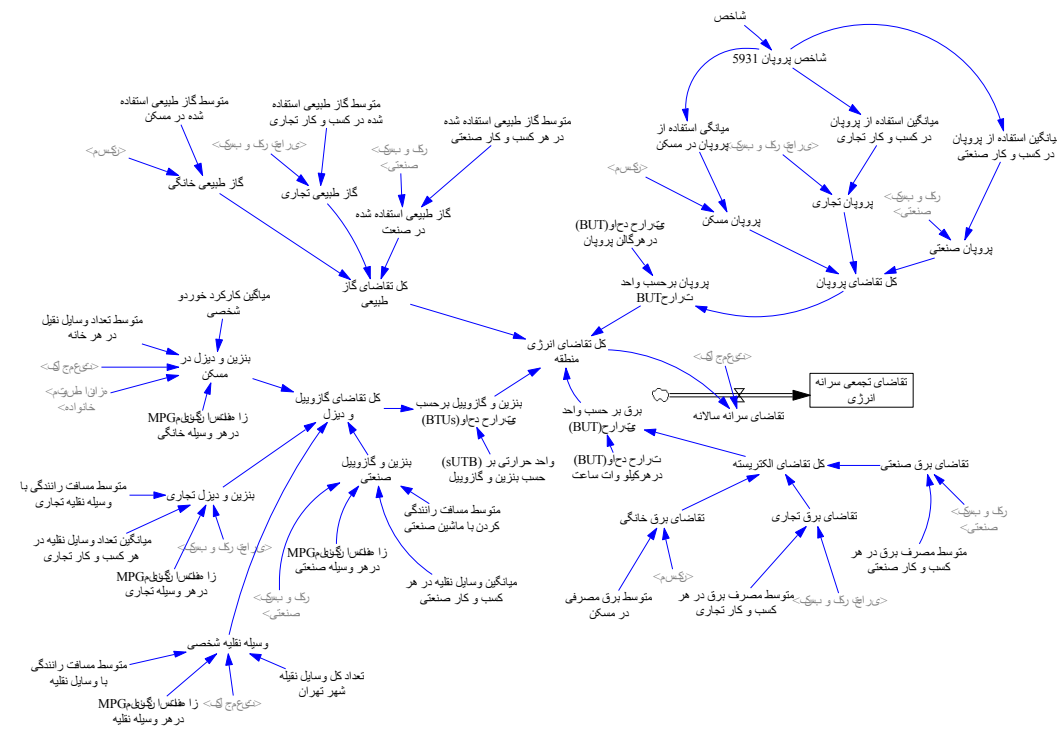
انرژی ثانویه: به صورتی از انرژی که از طریق فرآیند تبدیل انرژی اولیه به دست می‌آید مانند انواع فرآورده‌های نفتی، گاز پالایش شده و یا برق.

انرژی تجدید پذیر: انرژی‌هایی هستند که قابلیت بازگشت مجدد را به طبیعت دارند. مانند انرژی خورشیدی، باد، انرژی هیدروالکتریک یا برق آبی و انرژی زمین گرمایی.

انرژی تجدید ناپذیر: انرژی‌هایی هستند که به آسانی در دسترس نمی‌باشند و برای تولید به زمان بسیار طولانی و حتی میلیون‌ها سال نیازمند می‌باشند. مانند نفت، گاز، زغال سنگ و اورانیوم.

۳-۱۲-۱ روابط حالت و جریان زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی

تقاضای حامل‌های انرژی از چهار منبع: مجموع بنزین و دیزل، کل تقاضای گاز طبیعی، کل تقاضای برق و کل تقاضای پروپان تشکیل شده است. مجموع این چهار منبع، کل تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران را شامل می‌شود. حامل‌های انرژی استان تهران در شکل ۱۴ نشان داده شده است. مصرف‌کنندگان حامل‌های انرژی شامل سه گروه: خانواده، کسب و کار صنعتی و تجاری و وسایل نقلیه‌ای استانی می‌باشند. از بنزین و دیزل کمتر از بقیه‌ی منابع انرژی استفاده می‌شود. در این پژوهش اصول مرتبط با پویایی سیستم با جزئیات، مورد بحث قرار گرفته شده است. هفت بخش مدل با استفاده از پویایی سیستم و روابط بین آن‌ها به منظور ارزیابی وضعیت فعلی تقاضای حامل‌های انرژی و جذابیت منطقه مورد بحث قرار گرفته شده است. اثر این عوامل بر تقاضای حامل‌های انرژی در فصل بعد با استفاده از سناریوهای مختلف در جهت پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی بررسی می‌شود.



شکل ۱۴: روابط حالت و جریان تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران (وودرویل ۲۰۱۱)

۳-۱۲-۲ روابط ریاضی زیر مدل تقاضای حامل‌های انرژی به شرح زیر:

- ۷-۱ $TRED = TNGD + TEB + "TG/DB" + PB$ BTUs/year
- ۷-۲ $TEB = TED * BPK$ BTUs/year
- ۷-۳ $BPK = \text{constan}$ BTUs/KWh
- ۷-۴ $TED = CED + HED + IED$ KWh/year

۷-۵	HED= avg electricity use perhousing*housing	KWh/year
۷-۶	AEH= constan	KWh/year/house
۷-۷	CED= AECB*CB	KWh/year
۷-۸	AECB= constan	KWh/year/CB
۷-۹	IED= AEIB*IB	KWh/year
۷-۱۰	TNGD= CNG+ HNG+ING	BTUs/year
۷-۱۱	ING= ANGIB*IB	BTUs/year
۷-۱۲	ANGIB= constan	BTUs
۷-۱۳	CNG= ANGCB*CB	BTUs/year
۷-۱۴	ANGCB= constan	BTUs
۷-۱۵	HNG= ANGH*housing	BTUs/year
۷-۱۶	ANGH= constan	BTUs
۷-۱۷	TG/DB= BGG*TGDD	BTUs/year
۷-۱۸	BGG= constan	BTUs/gallons
۷-۱۹	TGDD= CGD +HGD+IGD+MV	gallons/year
۷-۲۰	IGD= (AMDIV/AMIV)*AVIB*IB	gallons/year

۷-۲۱	AMDIV= constan	miles/cars/year
۷-۲۲	AVIB= constan	cars/businesses
۷-۲۳	AMIV= constan	miles/cars/year
۷-۲۴	MV= ((TP /RMV)*AMDMV)/AMMV	gallons/year
۷-۲۵	RMV= constan	people/cars
۷-۲۶	AMMV= constan	miles/gallons
۷-۲۷	AMDMV= constan	miles/cars/year
۷-۲۸	CGD= (AMDCV/AMCV)*AVCB*CB	gallons/year
۷-۲۹	AMCV= constan	miles/gallons
۷-۳۰	AVCB= constan	cars/businesses
۷-۳۱	AMDCV= constan	miles/cars/year
۷-۳۲	HGD= (AMDHV/AMHV)*AVH* (TP /AFS)	gallons/year
۷-۳۳	AMDHV= constan	miles/cars/year
۷-۳۴	AMHV= constan	miles/gallons
۷-۳۵	AVH= constan	cars/households
۷-۳۶	MI= 1+STEP(1,2001)+STEP(1,2002)+STEP (1,2003)+STEP(1,2004)+STEP(1,2005)+STEP	

$(1,2006)+STEP(1,2007)+STEP(1,2008)+STEP$
 $(1,2009)+STEP(1,2010)+STEP(1,2011)+STEP$
 $(1,2012)+STEP(,2013)+STEP(1,2014)+STEP$
 $(1,2015) +STEP(1,2016)+ STEP(1,2017)+STEP$
 $(1,2018)+ STEP(1,2019)+STEP(1,2020)$

۷-۳۷	MIP= IF THEN ELSE (My Index<=5, 0, My Index-5)	
۷-۳۸	APH= 47.945*EXP(-0.04*My 1393 Index Propane)	gallons/year/ houses
۷-۳۹	APCB= 236.58*EXP(-0.071*My 2005Index Propane)	gallons/year/ businesses
۷-۴۰	APIB= EXP(-0.09*My 2005 IndexPropane)	gallons/year/ businesses
۷-۴۱	HP= APH*housing	gallons/year
۷-۴۲	CP= APCB*CB	gallons/year
۷-۴۳	IP= APIB*IB	gallons/year
۷-۴۴	TPD= CP +HP +IP	gallons/year
۷-۴۵	PBTU= TPD*BTUGP	BTUs/year

با توجه به مطالب بالا، TRED تقاضای کل انرژی منطقه، TEB کل تقاضای الکتریسته براساس واحد حرارتی، BPK واحد حرارتی بر اساس کیلووات ساعت، TED کل تقاضای الکتریسته، HED تقاضای

الکتریسته مسکن، AEH متوسط استفاده از الکتریسته در مسکن، CED تقاضای الکتریسته تجاری، AECB متوسط استفاده از الکتریسته در کسب و کار تجاری، IED تقاضای الکتریسته صنعتی، TNGD کل تقاضای گاز طبیعی، ING استفاده از گاز طبیعی در صنعت، ANGIB متوسط استفاده از گاز طبیعی در صنعت، CNG استفاده از گاز طبیعی در تجارت، ANGCB متوسط استفاده از گاز طبیعی در تجارت، HNG استفاده از گاز در مسکن، ANGH متوسط استفاده از گاز طبیعی در مسکن، TG/DB مجموع بنزین و دیزل بر حسب واحد حرارتی، BGG واحد حرارتی در هر گالن گازوییل، TGDD کل تقاضای گازوییل و دیزل، IGD گازوییل و دیزل صنعتی، AMDIV متوسط مایل رانندگی با وسیله نقلیه ، AVIB میانگین وسیله نقلیه در کسب و کار صنعتی، AMIV میانگین استفاده از MPG در هر وسیله نقلیه صنعتی، MV وسیله نقلیه شخصی، RMV تعداد کل وسایل نقلیه استان تهران، AMMV میانگین استفاده از MPG در هر وسیله نقلیه، AMDMV متوسط رانندگی با وسیله نقلیه شخصی، CGD بنزین و دیزل تجاری، AMCV میانگین استفاده از MPG در هر وسیله تجاری، AVCB میانگین تعداد وسیله نقلیه در کسب و کار تجاری، AMDCV متوسط مسافت رانندگی با وسیله نقلیه تجاری، HGD بنزین و دیزل خانگی، AMDHV میانگین کارکرد خودرو شخصی، AMHV میانگین استفاده از MPG در هر وسیله نقلیه، AVH میانگین تعداد وسایل نقلیه در هر خانه، MI شاخص پروپان، MIP شاخص پروپان سال ۱۳۹۳، APH میانگین استفاده از پروپان در مسکن، APCB میانگین استفاده از پروپان در کسب و کار تجاری، APIB میانگین استفاده از پروپان در کسب و کار صنعتی، HP پروپان در مسکن، CP پروپان تجاری، IP پروپان صنعتی، TPD کل تقاضای پروپان، PBTU پروپان بر اساس واحد حرارتی.

۳-۱۳ داده‌های مورد استفاده:

پارامترها و داده‌های مورد استفاده در مدل حامل‌های انرژی، اطلاعات و آمار حاصل شده از سایت بانک مرکزی در جدول ۱ به شرح زیر است:

جدول ۳: داده‌های استان تهران

نام متغیر	واحد	مقدار	نام متغیر	واحد	مقدار
نرخ تولد	درصد	۰,۰۳۹	متوسط اندازه خانواده	نفر	۳.۰۳
نرخ مشارکت نیروی کار	درصد	۰,۳۷	عمر باقی مانده سال‌مندان	سال	۸
نرخ مرگ و میر	درصد	۰,۱۷	خالص مهاجرت	درصد	۰,۱۳
مهاجرت نرمال به داخل	درصد	۰,۰۳	مهاجرت نرمال به خارج	درصد	۰,۱۷
ساخت و ساز نرمال مسکن	درصد	۰,۴۹	تخریب نرمال مسکن		-۰,۰۵۲
مسکن	میلیون	۳,۶۲۷	مساحت کل زمین‌های استفاده شده	مایل مربع	۲۸۲
مساحت زمین تجاری	مایل مربع	۱۵	مساحت زمین صنعتی	کیلومتر مربع	۱۶
مساحت زمین مسکونی	مایل مربع	۷۵	مساحت زمین برای حمل و نقل	مایل مربع	۲۰
کسب و کار صنعتی	هزار	۱۷,۶۰۹	کسب و کار تجاری	هزار	۱۰۰

خالص مهاجرت صنعتی	درصد	۰,۰۱	خالص مهاجرت تجاری	درصد	۰,۰۱
گاز طبیعی استفاده شده در صنعتی	میلیون متر مکعب	۱۲۲۳۰	گاز طبیعی استفاده شده در مراکز تجاری	میلیون متر مکعب	۱۸۲۳
گاز طبیعی استفاده شده در مسکن	میلیون متر مکعب	۱۰۳۶۳	مصرف برق در مسکن	گیگاوات	۱۰۳۰۶
مصرف برق در صنعت	گیگاوات	۶۵۰۹,۶	مصرف برق در مراکز تجاری	گیگاوات	۴۶۱۹,۴

مأخذ: بانک مرکزی

فصل چهارم_ تحلیل‌های سیاستی
تقاضای حامل‌های انرژی با رویکرد
پویایی سیستمی

۴-۱ مقدمه

با استفاده از مدل تقاضای حامل‌های انرژی و رویکرد سیستمی، می‌توان تأثیر افزایش نیروی کار ماهر، کاهش هزینه‌ی کسب و کار، افزایش خدمات از راه دور (مخابراتی) و افزایش خدمات عمومی را بر جمعیت منطقه، کسب و کار صنعتی و تجاری و تقاضای حامل‌های انرژی منطقه را ارزیابی کرد. مبنای انتخاب این بازه زمان به علت محدودیت داده در ایران بوده است. سال مبنا، ۱۳۹۲ در نظر گرفته شده است. مدل را برای بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۴۱۲ به مدت ۲۰ سال با استفاده از نرم افزار ونسیم اجرا می‌کنیم.

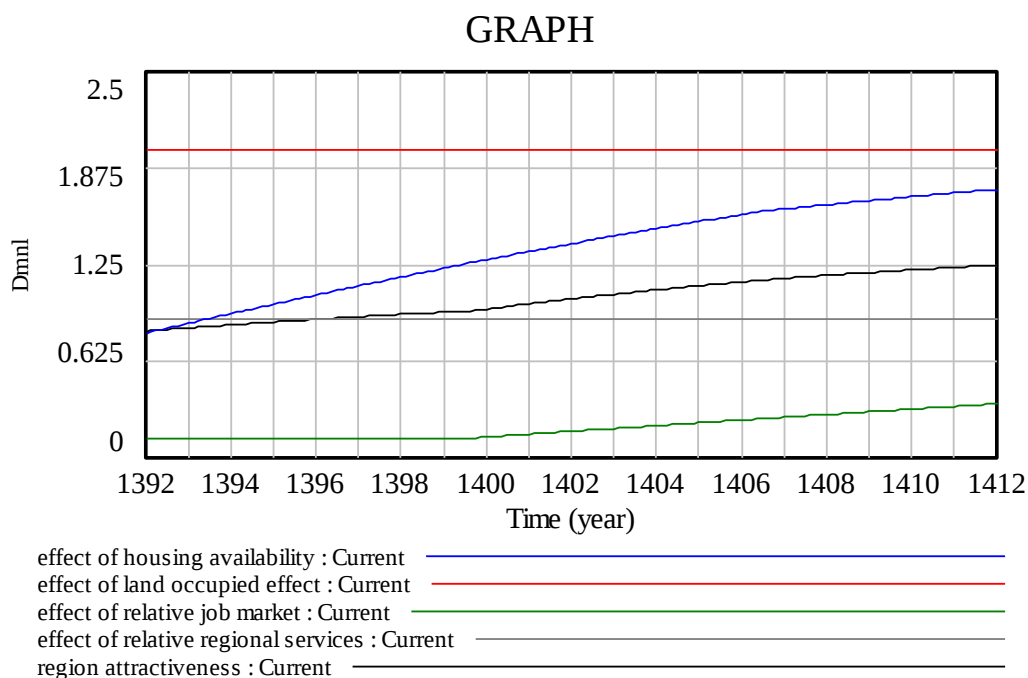
۴-۲ سناریوهای مدل

۴-۲-۱ مدل پایه:

مدل پایه، حالتی را ارزیابی می‌کند که هیچ کدام از متغیرهای خارجی تغییر نمی‌کنند. نرخ تولد و مرگ؛ برق، گاز؛ خدمات ارتباطی؛ میانگین تعداد خانوارها؛ و هزینه انجام کارها و خدمات منطقه، همگی ثابت هستند. تنها متغیر خارجی که در طول زمان تغییر می‌کند پروپان مورد استفاده برای مسکن و کسب و کار است. این تغییر به دلیل وارد شدن متغیر پروپان به عنوان تابعی از زمان در مدل است.

در آغاز شبیه سازی، همان طور که در شکل ۱۵ مشاهده می‌شود، به دلیل کمبود مسکن و ازدیاد جمعیت، منطقه از جذابیت کمتری برخوردار است. همین عدم تناسب موجب شده تعدادی از افراد تصمیم به ترک آنجا بگیرند. با افزایش ساخت و ساز جذابیت در منطقه افزایش می‌یابد. رشد و توسعه دوباره شروع می‌شود، رفتار مدل تثبیت و مردم به آنجا مهاجرت می‌کنند که تأثیرات زیادی نیز در منطقه دارد. این تأثیرات شامل افزایش بیشتر جمعیت و در نتیجه افزایش تعداد خانوارها نسبت به مسکن، افزایش نیروی کار و انرژی مورد استفاده است. خود این عوامل دوباره باعث کمبود مسکن و

کاهش جذابیت در منطقه می‌شوند اما از سوی دیگر باعث افزایش ساخت و ساز می‌شوند که این عامل مجدداً منطقه را جذاب می‌کند.

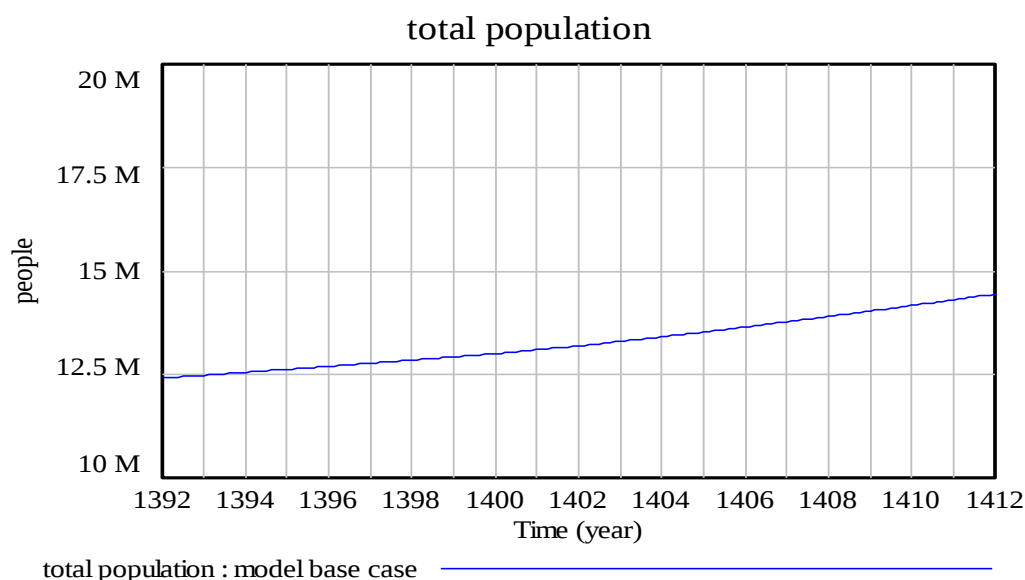


منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۱۵: جذابیت منطقه (حالت پایه)

در شکل بالا، با افزایش ساخت و ساز مسکن و افزایش کسب و کار در منطقه مشاهده می‌شود که جذابیت در منطقه نیز افزایش می‌یابد.

با افزایش نیروی کار رقابت بر سر کسب و کار (مشاغل) افزایش می‌یابد اما باعث تشویق بیشتر مردم به خلق و ایجاد مشاغل جدید نیز در منطقه می‌شود که این امر عامل اشتغال زای است. کسب و کار جدید و ساخت و ساز مسکن باعث جذب افراد بیشتر به منطقه می‌شود. افزایش جذابیت به دلیل توسعه کسب و کار و کاهش جذابیت به دلیل کاهش زمین‌های آزادی که مورد ساخت و ساز قرار می‌گیرند یکدیگر را خنثی می‌کنند و به این دلیل است که جمعیت به یکباره رشد نمی‌کند و همچنین متوقف نیز نمی‌شود که این را می‌توان در شکل ۱۶ مشاهده کرد.

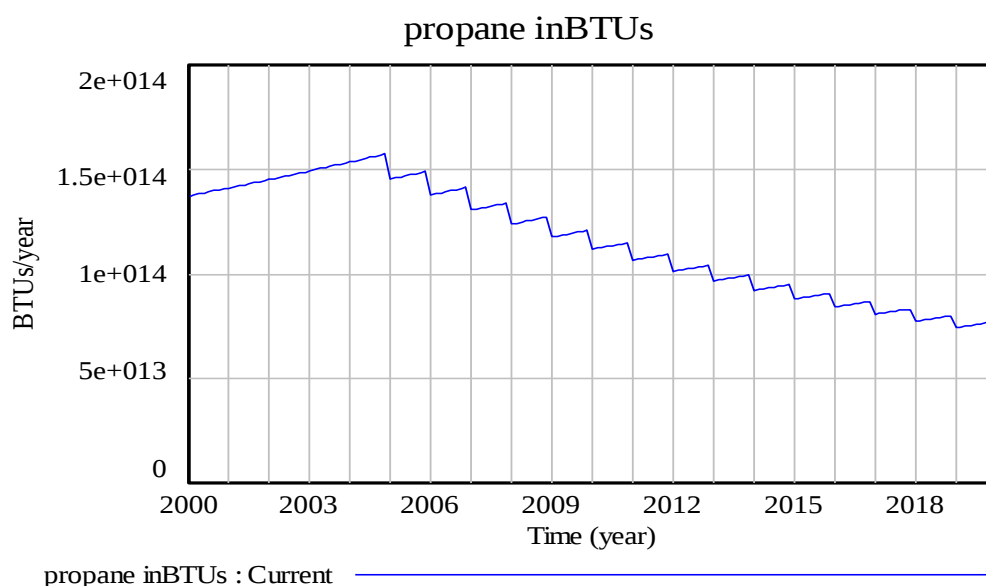


منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۱۶: کل جمعیت (حالت پایه)

در شکل بالا، جمعیت در ابتدای شبیه سازی در حدود ۱۲ و نیم میلیون است اما در پایان شبیه سازی یعنی در فاصله‌ی ۲۰ سال به تعداد تقریبی ۱۴ میلیون می‌رسد. مشاهده می‌شود که جمعیت به یکباره خیلی زیاد و یا خیلی کاهش نیافته است بلکه با یک شیب ملایم در حال افزایش است.

با توجه به نیاز به انرژی هرچقدر مسکن و کسب و کار بیشتری به منطقه اضافه شود انرژی بیشتری هم مورد نیاز است. برق، گاز و بنزین همچنان بیشتر و بیشتر همزمان با رشد منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پروپان همان گونه که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود تنها منبع انرژی در منطقه است که تقاضا برای آن رو به کاهش است. علت کاهش پروپان جایگزینی حامل‌های انرژی دیگر به جای پروپان است. با پیشرفت و توسعه منطقه در طی سال‌ها استفاده از انرژی گاز طبیعی و برق افزایش یافته و استفاده از انرژی پروپان در هر خانه و کسب و کار در حال کاهش است.

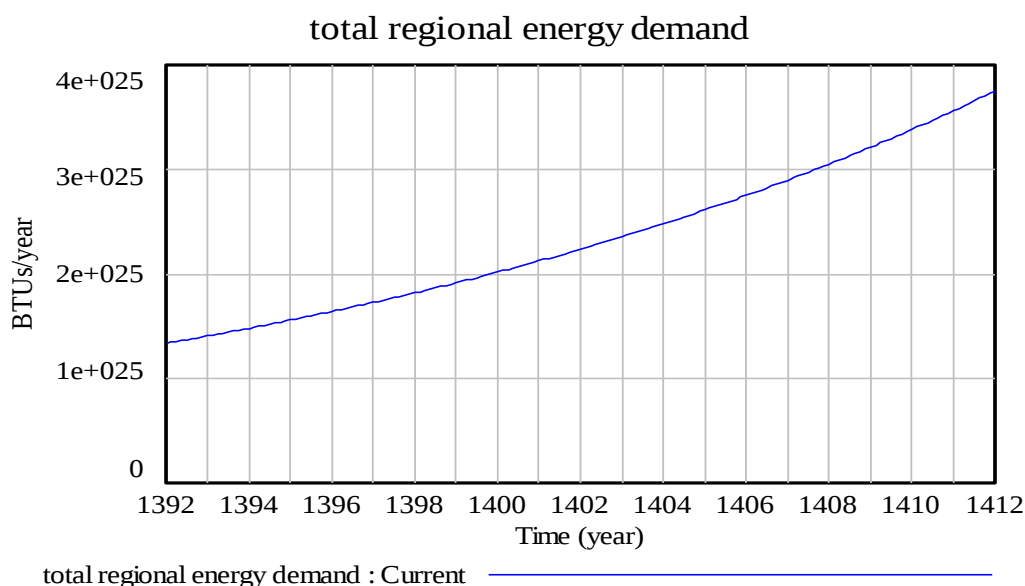


منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۱۷: تقاضای پروپان در منطقه (حالت پایه)

در شکل بالا، مشاهده می‌شود که پروپان به صورت پله ای در حال کاهش است. در ابتدای شبیه سازی تقاضای پروپان در حدود 1.5×10^{14} است در حالی که در پایان شبیه سازی به مقدار 7.5×10^{13} کاهش می‌یابد.

انرژی کلی نیز آنگونه که در شکل ۱۸ نشان داده شده روند رو به رشد دارد به گونه ای که $3/4$ این موارد در طول زمان بالا رونده است (افزایش می‌یابد).



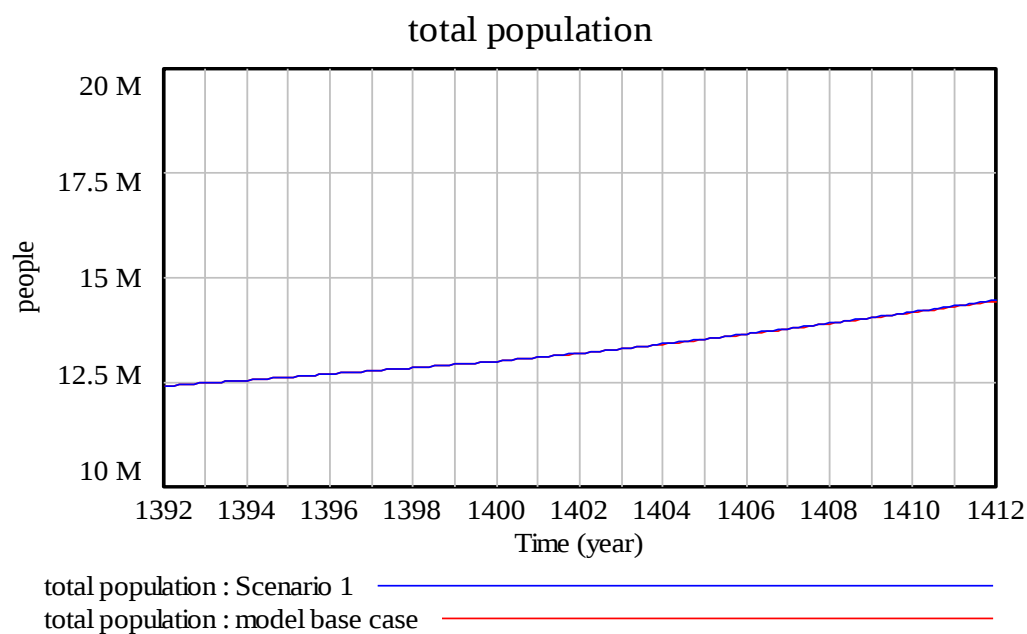
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۱۸: کل تقاضای حامل‌های انرژی (حالت پایه)

در شکل بالا، مشاهده می‌شود که تقاضای حامل‌های انرژی در ابتدای شبیه سازی در حدود $1.5E+025$ است در حالی که در پایان شبیه سازی به مقدار $3.75E+025$ افزایش می‌یابد.

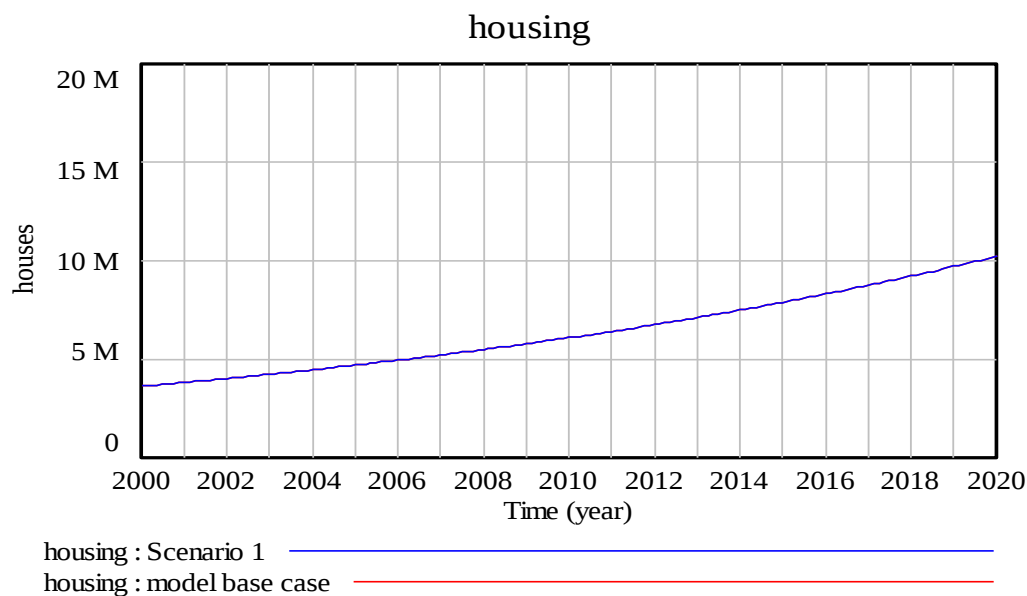
۴-۲-۲ سناریوی اول: نیروی کار ماهر مورد نیاز

نیروی کار ماهر در مدل تهران شامل نیروی کار صنعتی و تجاری است. نسبت کسب و کار تجاری به صنعتی تقریباً ۵:۱ (۱۷۰۰۰ به ۱۰۰۰۰۰) است. با تصور این که تمام نیروی کار صنعتی ماهر باشد و فقط ۱/۵ از نیروی کار تجاری ماهر باشند. با در نظر گرفتن همزمان نیروی کار تجاری و صنعتی یک درصد کلی از نیروی کار ماهر مورد استفاده بدست می‌آید که در این جا نیروی کار ماهر ۲۰٪ است. در این سناریو نیروی کار ماهر را از ۲۰٪ به ۱۰۰٪ تغییر دادیم (با تصور اینکه این عداد ارزش عددی برای نیروی کار ماهر در استان باشند).



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۱۹: کل جمعیت (سناریوی ۱)

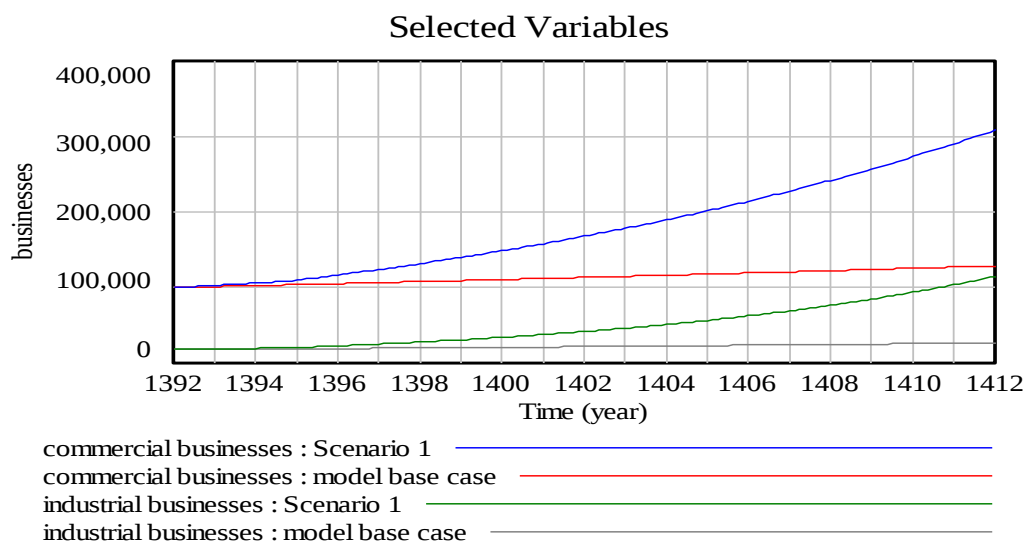


منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۰: مسکن (سناریوی ۱)

در شکل‌های بالا، مشاهده می‌شود افزایش نیروی کار ماهر از ۲۰٪ به ۱۰۰٪ تأثیری در افزایش جمعیت و مسکن در مدل تهران نداشته است.

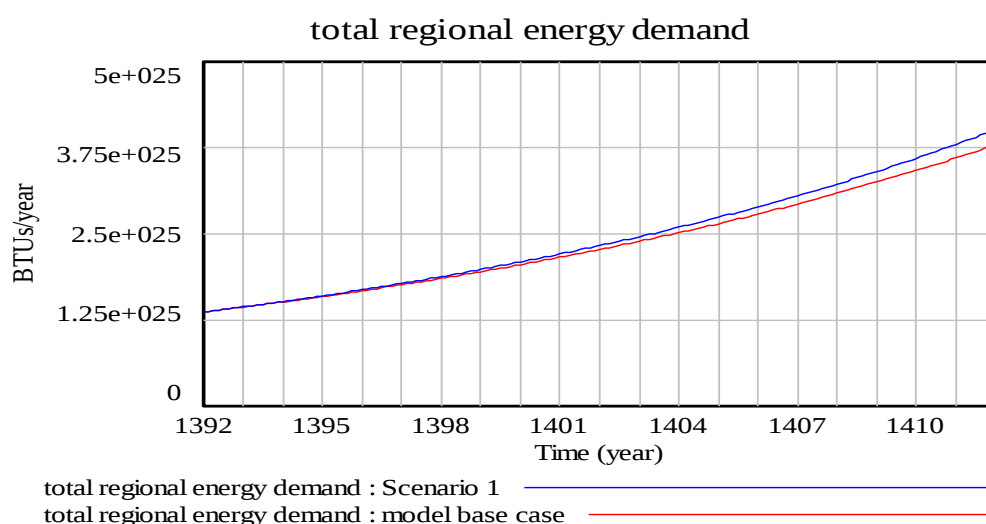
با افزایش نیروی کار ماهر هیچ تغییر معناداری در بخش جمعیت و مسکن منتج نشده، زیرا این امر تأثیری در افزایش مهاجرت به منطقه ندارد که در نتیجه آن جمعیت و ساخت و ساز مسکن افزایش یابد. در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ این موضوع نشان داده شده است. افزایش نیروی کار ماهر تعداد کسب و کار تجاری و صنعتی را در منطقه افزایش می‌دهد (شکل شماره ۲۱ و ۲۲) زیرا این امر باعث جذب مشاغل می‌شود که نیروی کار ماهر برای آن مشاغل فراهم آمده است.



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۱: کسب و کار صنعتی و تجاری (سناریوی ۱)

در شکل بالا، مشاهده می‌شود با افزایش نیروی کار ماهر کسب و کار صنعتی و تجاری افزایش می‌یابد. در نتیجه تقاضای کلی برای انرژی را افزایش می‌دهد با افزایش مشاغل صنعتی و تجاری در منطقه تقاضای حامل‌های انرژی افزایش می‌یابد. (شکل ۲۳)



منبع: یافته‌های تحقیق

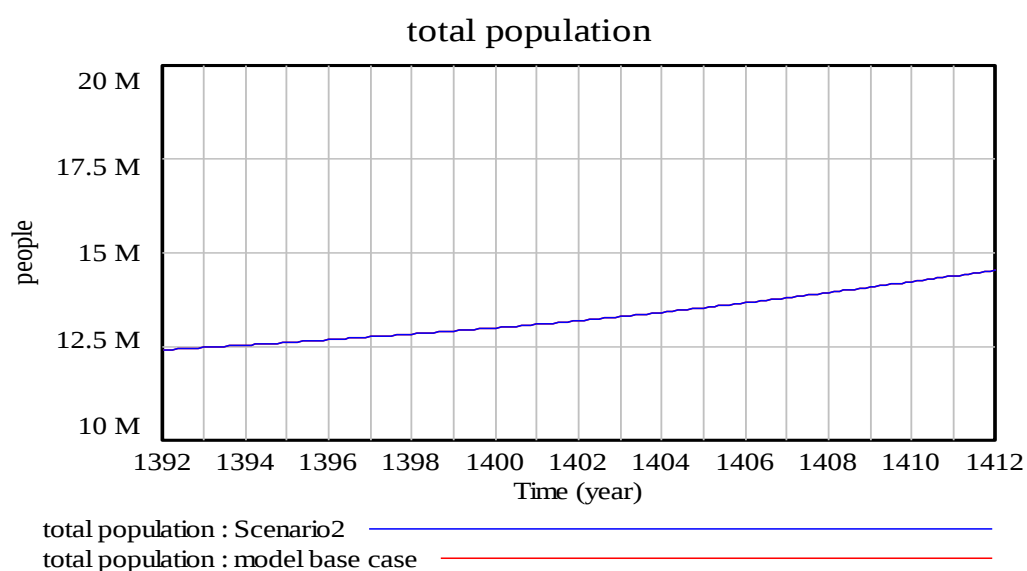
شکل ۲۳: کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۱)

در شکل بالا، مشاهده می‌شود که افزایش نیروی کار ماهر به دلیل ایجاد کسب و کارهای جدید در منطقه باعث افزایش کل حامل‌های انرژی در منطقه می‌شود.

۳-۲-۴ سناریوی ۲: کاهش هزینه‌ی انجام کسب و کار

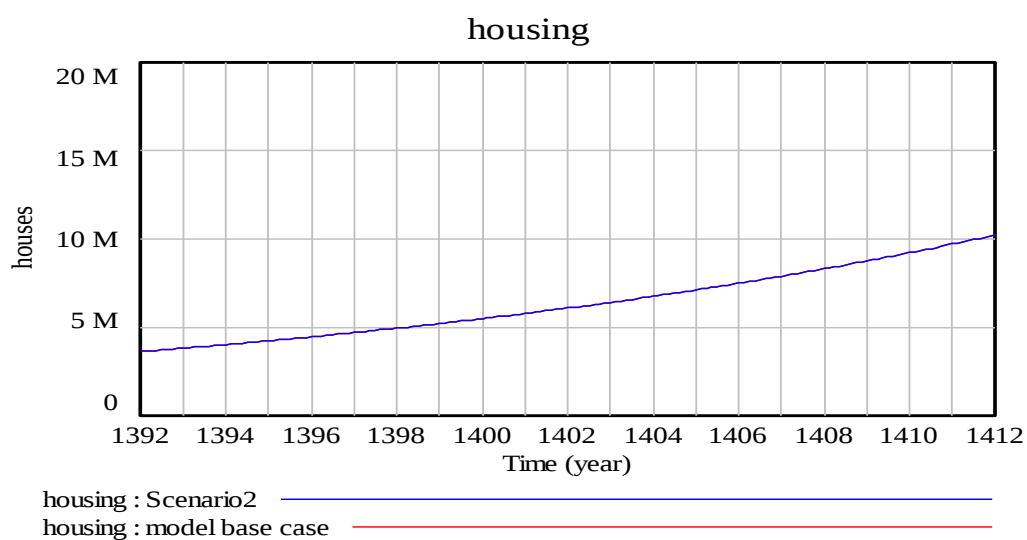
در این سناریو فرض شده است که تهران در بین ۳۳ استان ایران از نظر هزینه‌ی انجام کسب و کار در رتبه‌ی ۲۵ قرار دارد؛ یعنی از لحاظ هزینه‌ی انجام کسب و کار در بین استان‌های پر هزینه قرار گرفته است. این امر تهران را در موقعیتی قرار می‌دهد که برای صاحبان مشاغل چندان مطلوب نیست. برای سهولت ایجاد مشاغل در تهران رتبه‌ی تهران از ۲۵ به ۱ ارتقاء داده شده است.

ارتقاء رتبه‌ی تهران مشاغل را به این منطقه جذب می‌کند آن گونه که در شکل ۲۷ نشان داده شده تعداد مشاغل تجاری و صنعتی به منطقه افزایش یافته است در نتیجه با افزایش مشاغل تقاضا برای انرژی افزایش می‌یابد. ارتقاء رتبه‌ی تهران تأثیری در افزایش جمعیت (شکل ۲۵) و ساخت و ساز مسکن (شکل ۲۶) نداشته و مانند افزایش مشاغل و تقاضای حامل‌های انرژی چندان معنادار نبوده است.



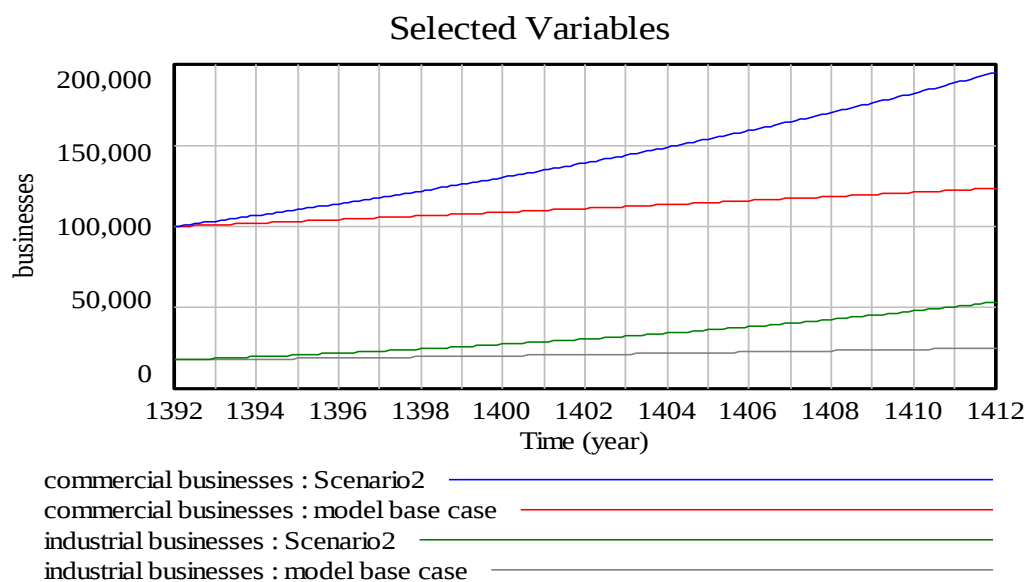
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۳: کل جمعیت (سناریوی ۲)



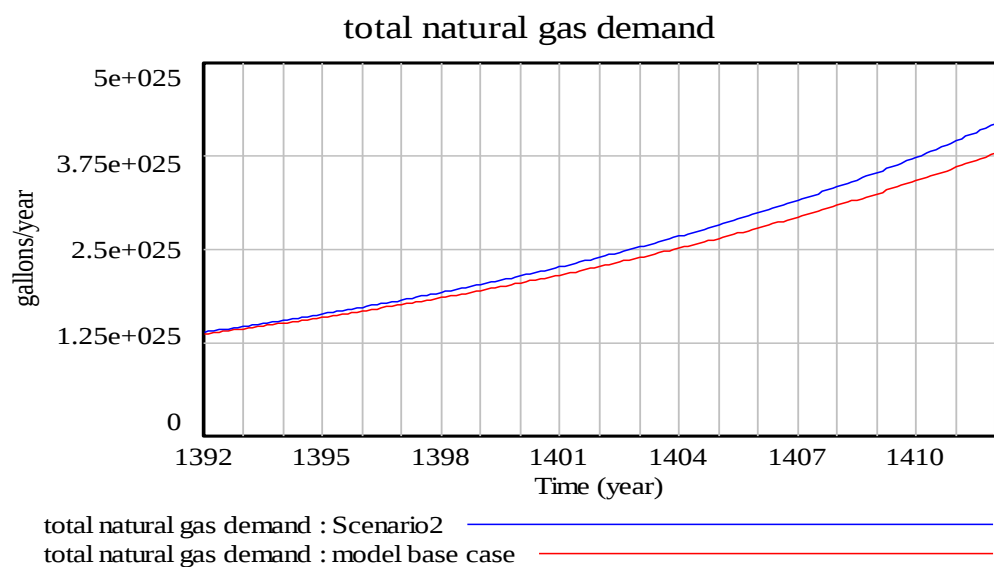
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۴: مسکن (سناریوی ۲)



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۵: کسب و کار صنعتی (سناریوی ۲)



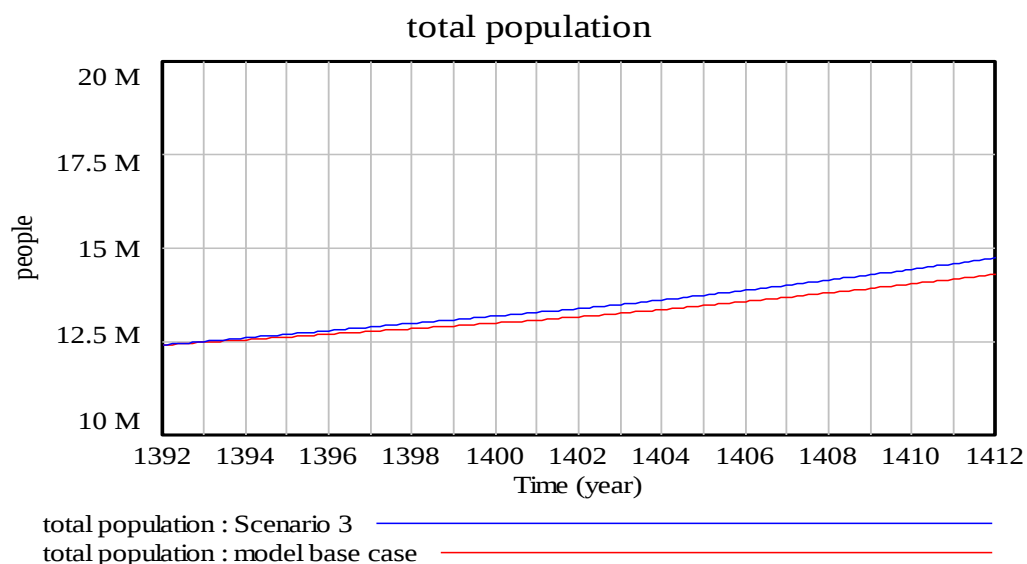
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۶: کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۲)

در شکل بالا، علت افزایش خفیف کل تقاضای حامل‌های انرژی، تأثیر نداشتن رتبه‌ی تهران بر حامل‌های انرژی در مسکن است.

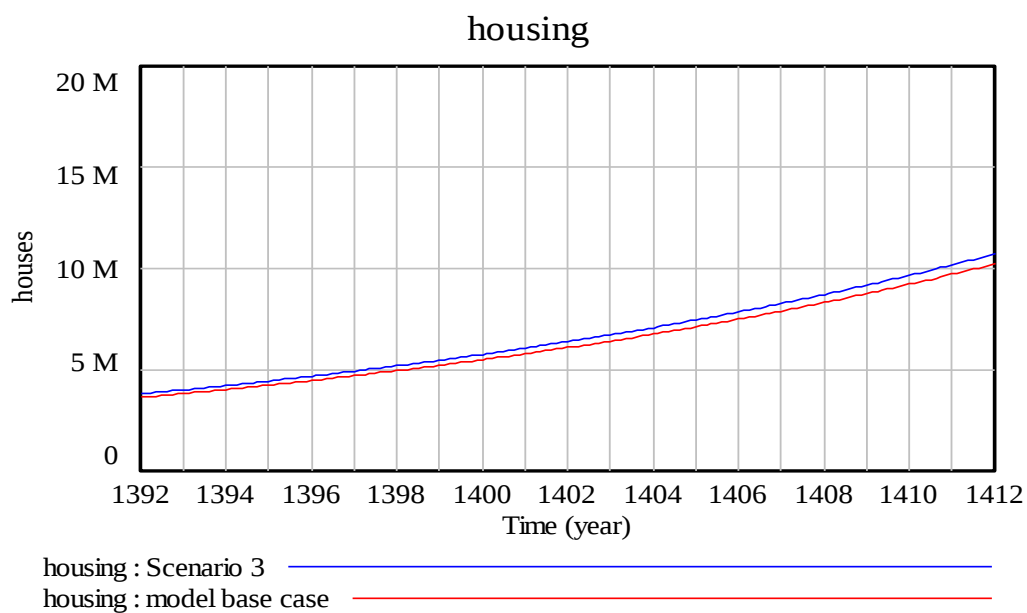
۴-۲-۴ سناریو ۳: خدمات منطقه‌ای فراتر از انتظار

در این سناریو ارزش عددی خدمات مطلوب منطقه یک و ارزش واقعی خدمات منطقه برای تهران ۰,۸ فرض می‌شود (سطح خدمات منطقه در تهران پایین تر از میزان مطلوب بود و برای کمی کردن این مشاهده خدمات منطقه‌ای در تهران در مقیاس با یک که میزان مطلوب است ۰,۸ در نظر گرفته شد). تأثیر خدمات نسبی منطقه (خدمات مطلوب منطقه / خدمات موجود در منطقه) حدود ۱,۲۵ هست، در این سناریو ما میزان خدمات موجود در منطقه را به فراتر از انتظار ارتقاء دادیم که ۱,۲۵ است. بنابراین، ۱,۲۵ نشان دهنده‌ی خدمات بهتر و جذابیت بیشتر خواهد بود. افزایش خدمات موجود در منطقه باعث جذب افراد بیشتر به منطقه می‌شود که در شکل ۲۷ نشان داده شده و این موضوع رشد خانه سازی را تشویق می‌کند (شکل ۲۸) که بر کسب و کار تجاری و صنعتی تأثیر نگذاشته است (شکل ۲۹). هرگاه تعداد مسکن و کسب و کار افزایش یابد در نتیجه تقاضای کلی برای انرژی نیز افزایش می‌یابد. (شکل ۳۰).



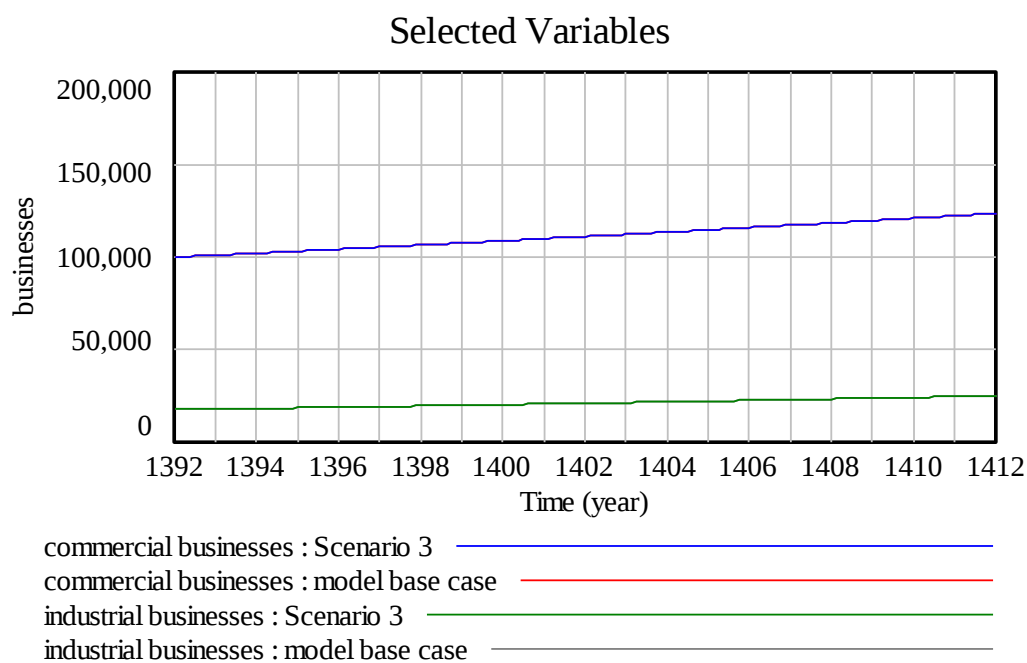
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۷: کل جمعیت (سناریوی ۳)



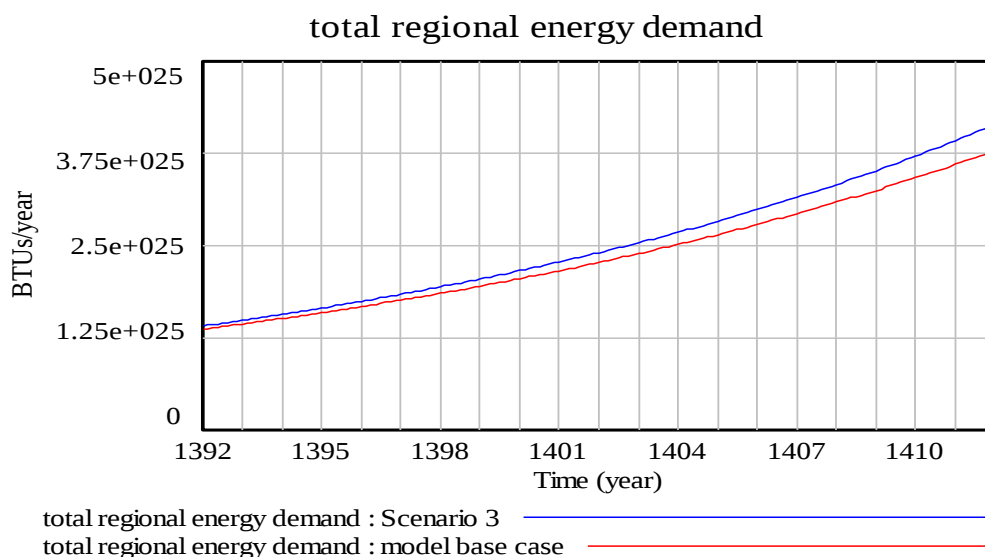
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۸: کل مسکن (سناریوی ۳)



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲۹: کسب و کار صنعتی (سناریوی ۳)



منبع: یافته‌های تحقیق

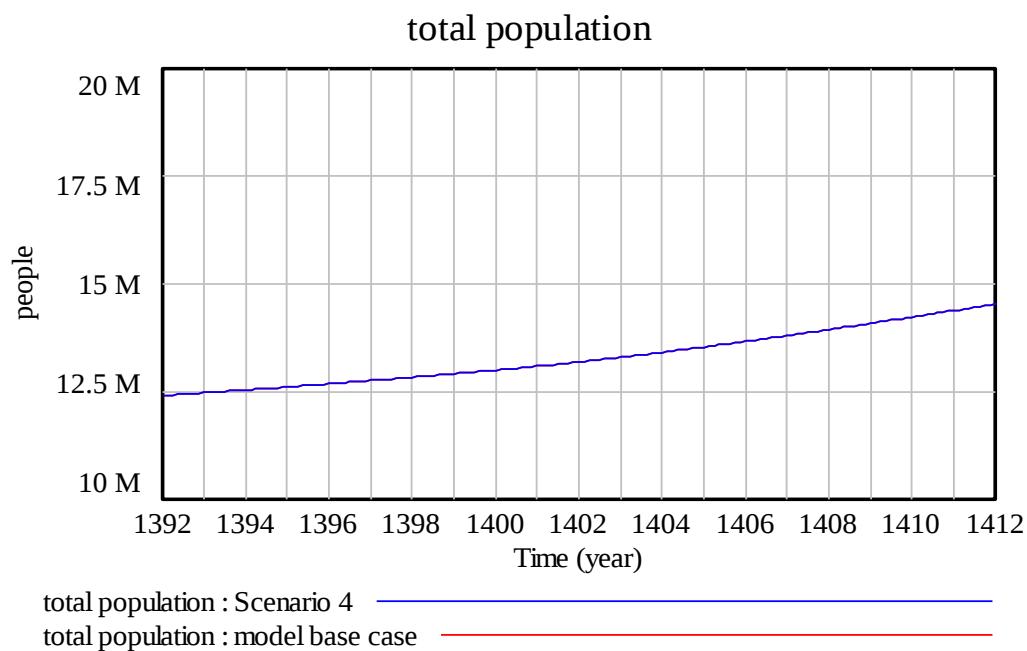
شکل ۳۰: کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۳)

۴-۲-۵ سناریوی ۴: ارتباط خدمات از راه دور (مخابراتی)

دولت‌ها براساس سطح خدمات ارتباط از راه دور به پنج طبقه تقسیم بندی می‌شوند. طبقه پنجم که بالاترین سطح است پوشش کامل و ارتباطات عالی را می‌رساند. تهران در طبقه چهارم قرار دارد براساس امتیازات معادل است با: $2 = 1 + \text{سطح تهران} - \text{بالاترین سطح}$ که معادله‌ی ریاضی آن به این صورت نوشته می‌شود: $2 = 1 + 5 - 4 = 2$ یعنی ۲ امتیاز.

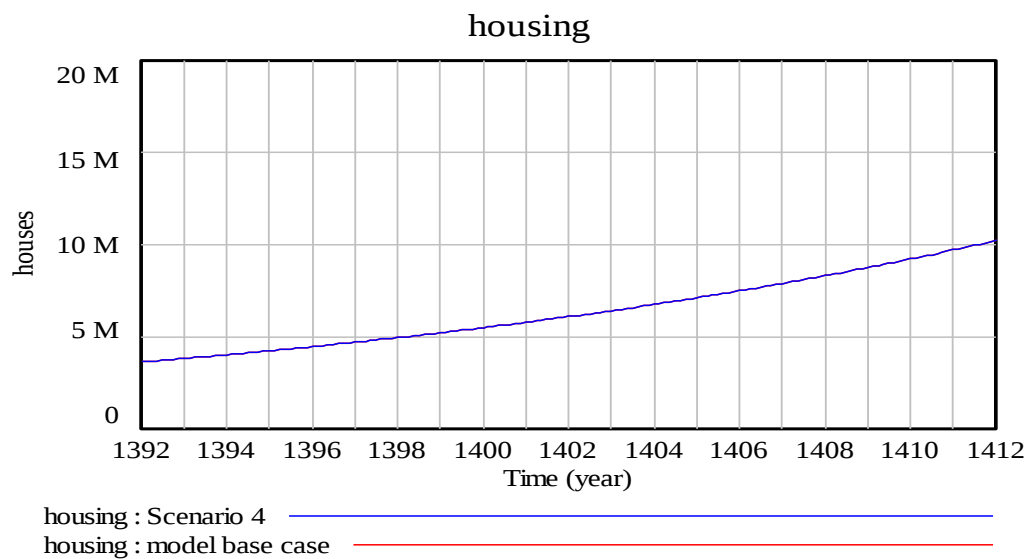
سطح پنجم که سطح مطلوب هست معادل است با $1 = 1 + 5 - 5 = 1$ یعنی ۱ امتیاز. تأثیر خدمات ارتباط از راه دور به عنوان نسبتی بین خدمات از راه دور مطلوب نسبت به خدمات مطلوب موجود به صورت $1/2$ بیان می‌شود. این نسبت برای مورد پایه استفاده می‌شود. در این سناریو تهران به سطح پنجم که بالاترین سطح است ارتقاء داده شد یعنی امتیاز آن به جای ۲ یک فرض شده است که نسبت را از ۱,۲ به ۱,۵ ارتقاء می‌دهد. ارتقاء خدمات از راه دور مشاغل بیشتری را به منطقه جذب می‌کند (شکل ۳۳ و ۳۴) زیرا این یکی از مؤلفه‌های جذابیت کسب و کار است اما این امر باعث افزایش جمعیت و مسکن نمی‌شود

که در شکل‌های ۳۱ و ۳۲ نشان داده شده است. با افزایش مشاغل جدید تقاضای کلی برای انرژی نیز افزایش می‌یابد (شکل ۳۵).



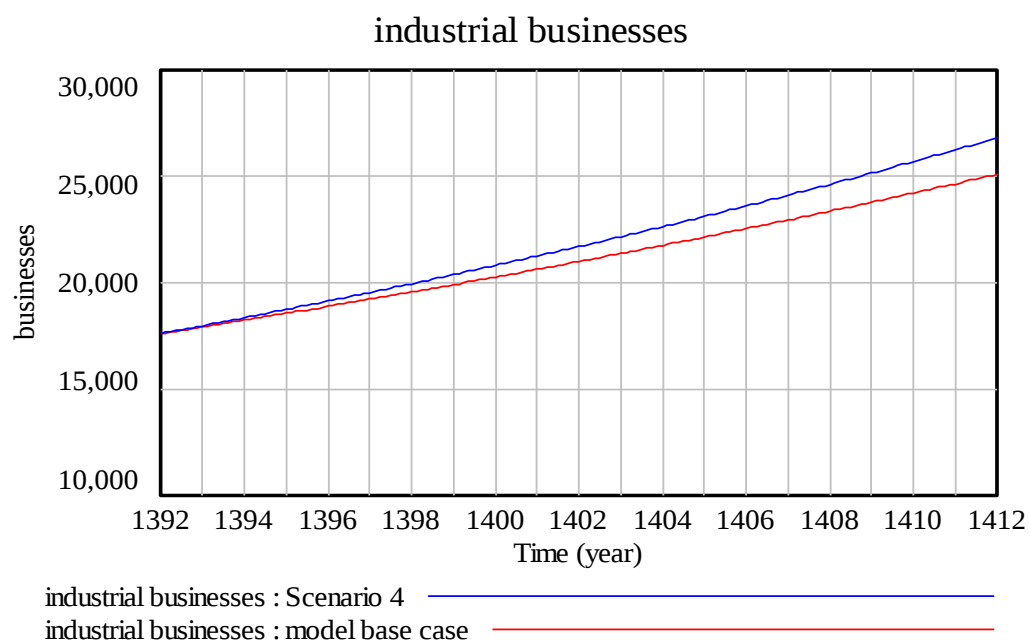
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۱: کل جمعیت (سناریوی ۴)



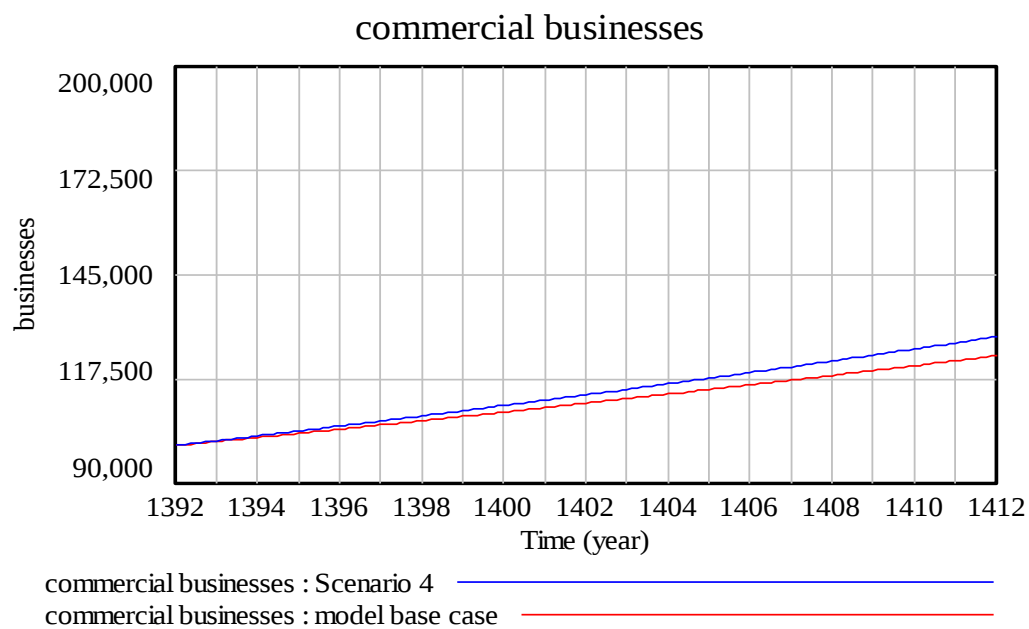
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۲: مسکن (سناریوی ۴)



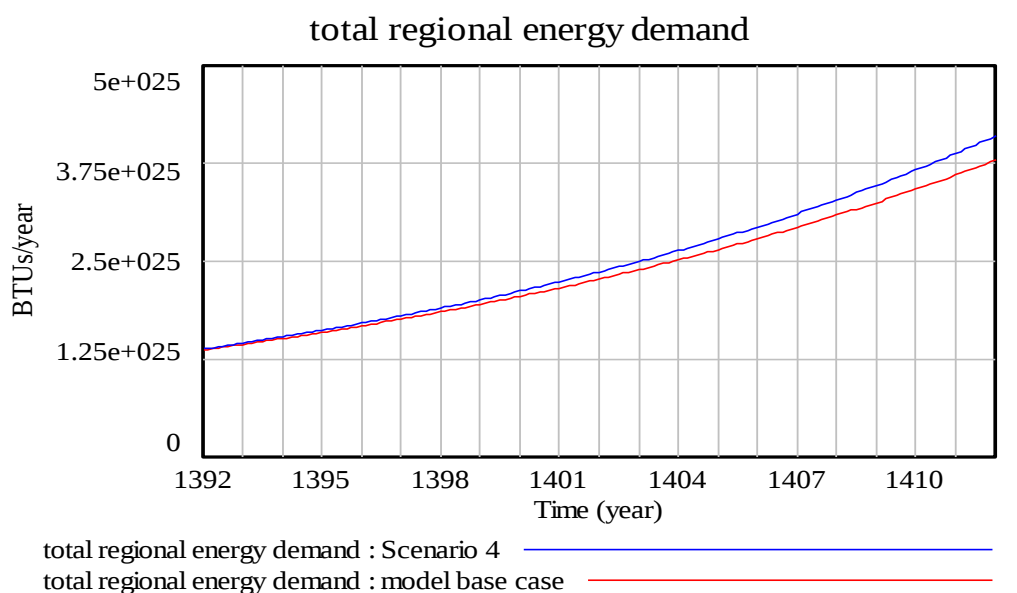
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۳: کسب و کار صنعتی (سناریوی ۴)



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۴: کسب و کار تجاری (سناریوی ۴)



منبع: یافته‌های تحقیق

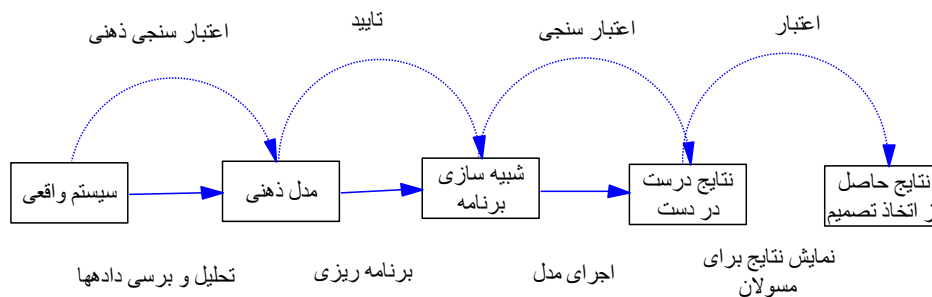
شکل ۳۵: کل تقاضای حامل‌های انرژی (سناریوی ۴)

۳-۴ اعتبار سنجی مدل

اعتبارسنجی مدل جریان انباشت، بخش مهمی از فرآیند تحقیق است که اعتبار مدل را از نظر تطابق با واقعیت (هم در مدل سازی و هم در تعیین روابط) تایید شود. یکی از چالش‌های که به صورت مکرر، فرایند مدل سازی با آن مواجه است. تعیین این موضوع است که آیا مدل شبیه سازی (نه لزوماً یک برنامه رایانه ای) یک بازنمای صحیح و معتبر از سیستم واقعی در مدل مورد مطالعه است. در این تحقیق نیز مدل ایجاد شده به روش شبیه سازی روش حدی اعتبارسنجی شده است که در ادامه نتایج حاصل بیان می‌شود. (لوو و کیلتون، ۲۰۰۰)

شکل ۳۶ مراحل شبیه سازی و همچنین مراحل ضروری اعتبار سنجی را نشان می‌دهد.

شکل ۳۶: مراحل شبیه سازی و اعتبار سنجی



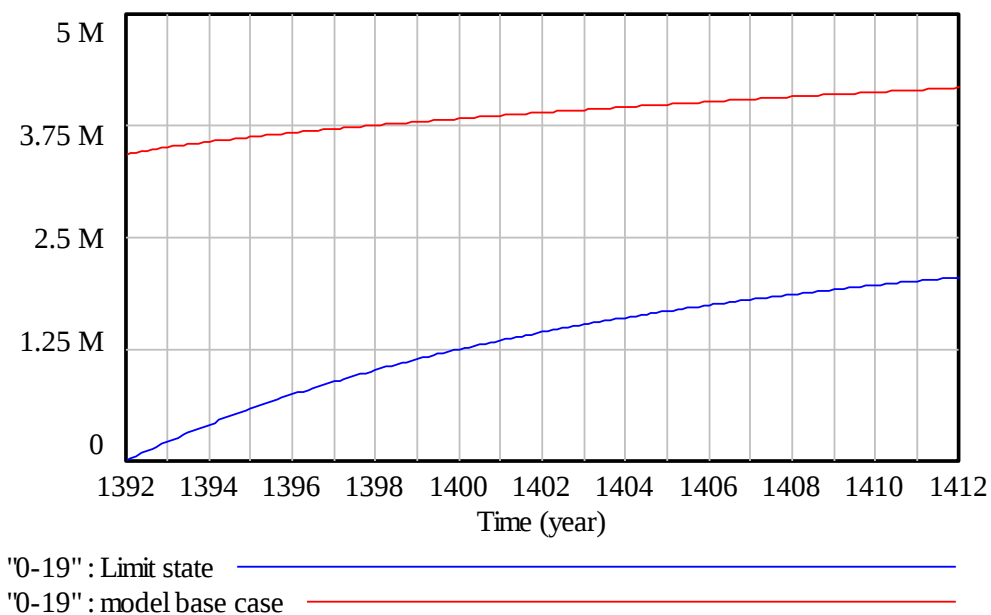
شکل ۱۱: مراحل مطالعه شبیه سازی (لوو و کیلتون، ۲۰۰۰)

۴-۳-۱ شبیه‌سازی رفتار حدی (آزمون شرایط حدی)

این آزمون همانطور که از نام آن مشخص است مربوط به اعتبار مدل در شرایط حدی است. شرایط حدی مربوط به زمانی است که پارامترهای ورودی مسئله به بیشترین یا کمترین مقدار خود برسند، تعادل مدل پابرجا باشد و متغیرهای مدل رفتارهای نادرست از خود بروز ندهند. اعتبار مدل با توجه به این آزمون نیز با اعمال تغییرات بر روی مقدار پارامترهای ورودی مورد تایید قرار گرفته است.

در این پژوهش برای شرایط حدی جمعیت ۱۹-۰ و ۴۴-۲۰ تهران را به کمترین یعنی عدد ۱ کاهش می‌دهیم و اثر آن را بر متغیرهای اصلی مدل تهران ارزیابی می‌کنیم.

0-19

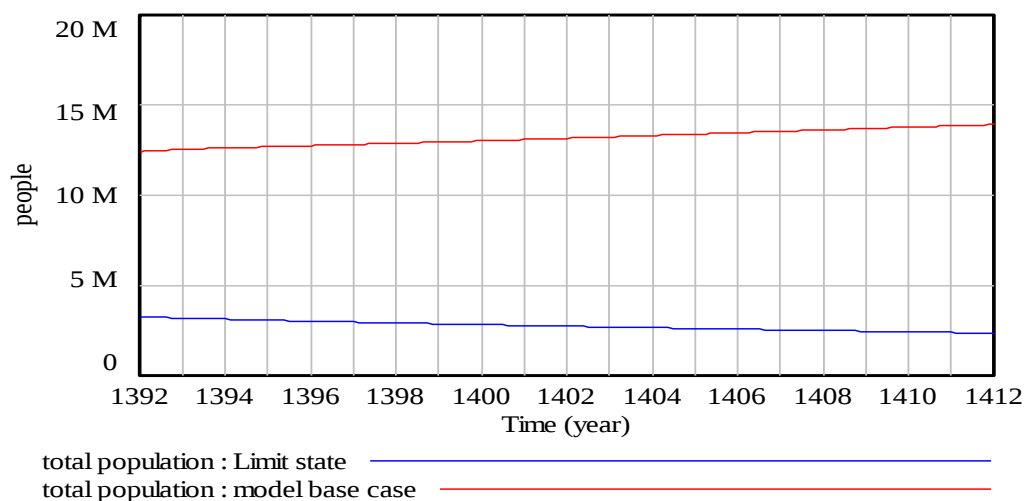


منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۷: جمعیت ۰-۱۹ (حالت حدی)

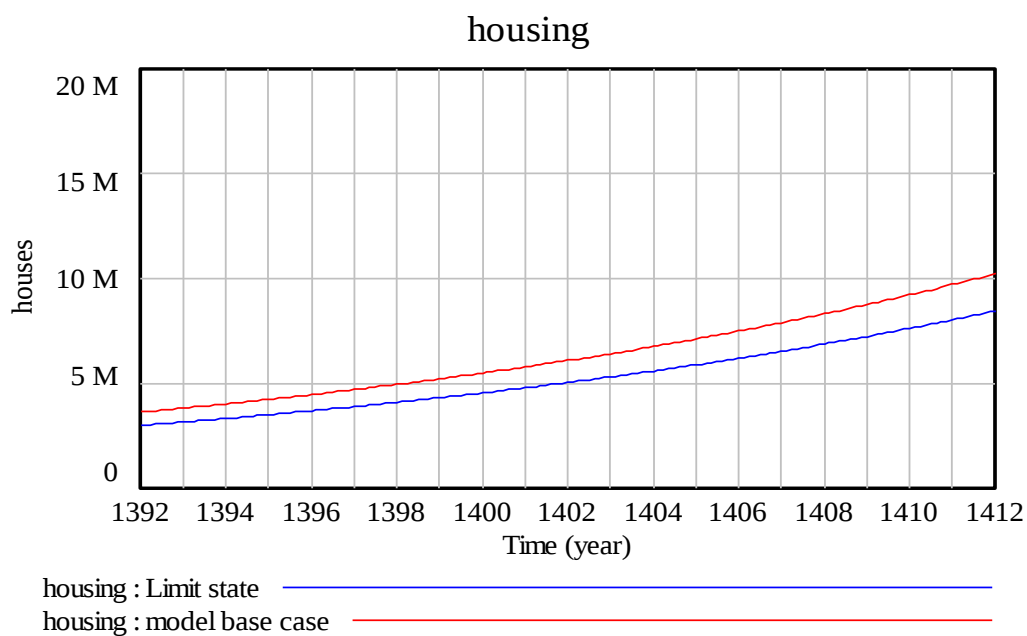
در شکل بالا، model base case حالت پایه و Limit state حالت حدی مدل را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود تعداد جمعیت در گروه ۰-۱۹ از کمترین مقدار در حال افزایش است.

total population



منبع: یافته‌های تحقیق

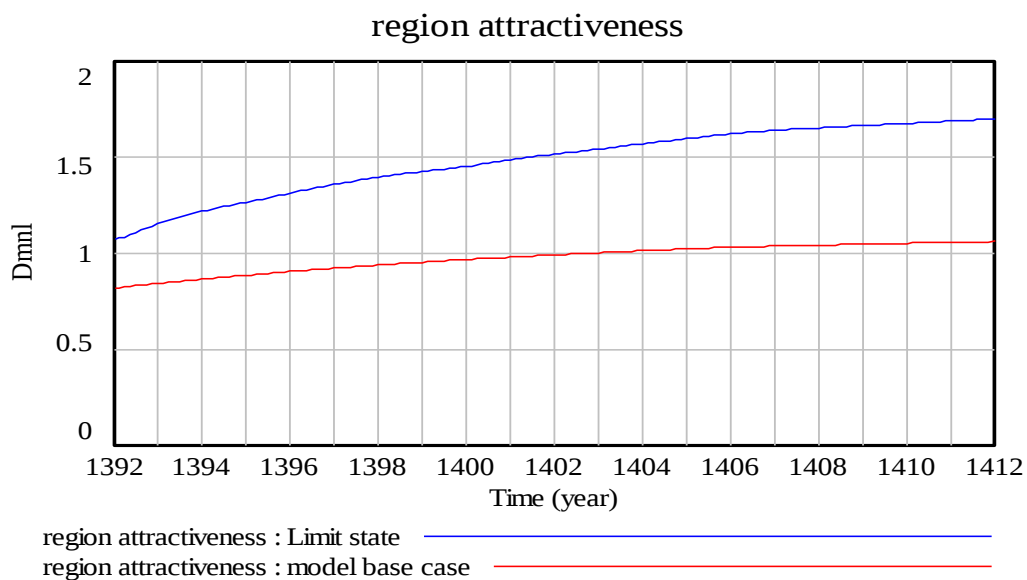
شکل ۳۸: کل جمعیت (حالت حدی)



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۳۹: مسکن (حالت حدی)

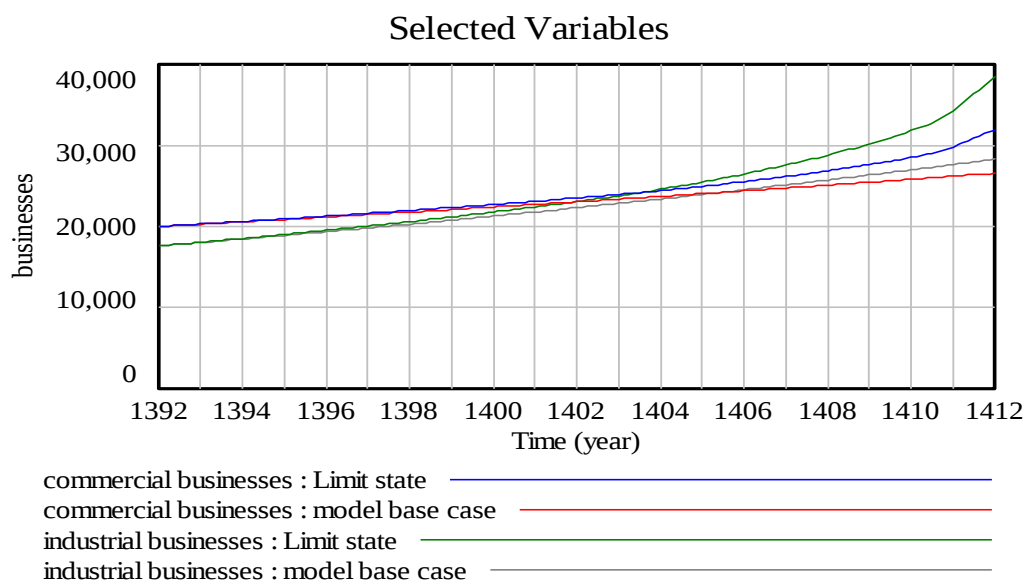
در شکل‌های بالا مشاهده می‌شود که کاهش جمعیت ۱۹-۰ و ۴۴-۲۰ سال بر کل جمعیت و مسکن تهران اثر گذاشته و با همان شیب باعث کاهش این دو متغیر شده است.



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۴۰: جذابیت منطقه (حالت حدی)

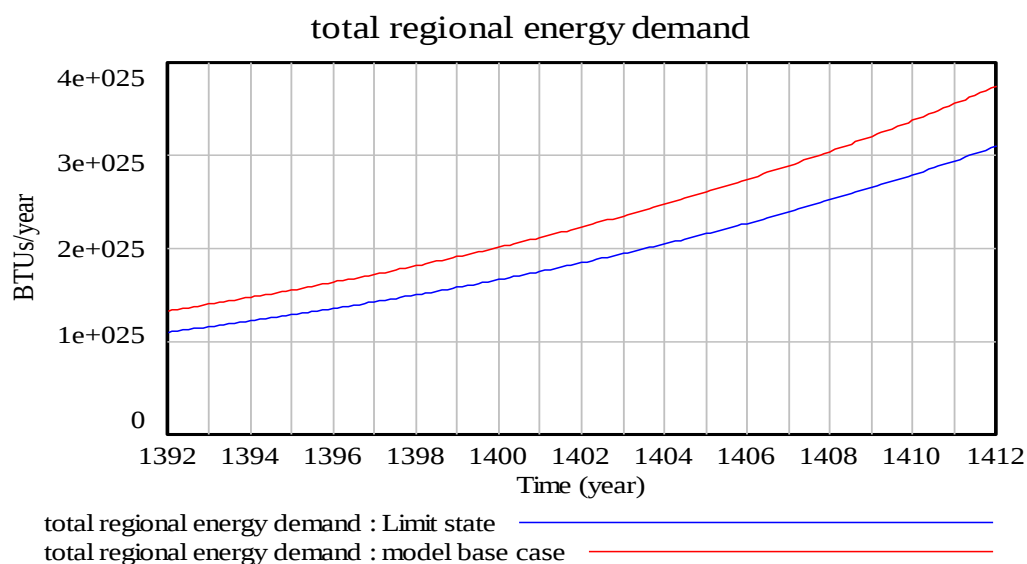
در شکل بالا، مشاهده می‌شود که کاهش جمعیت باعث افزایش جذابیت تهران شده است.



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۴۱: کسب و کار صنعتی و تجاری (حالت حدی)

در شکل بالا نیز مشاهده می‌شود که کاهش جمعیت تهران بر کسب و کار صنعتی و تجاری اثر گذاشته و باعث افزایش شغل در تهران شده است.



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل: کل تقاضای حامل‌های انرژی (حالت حدی)

در شکل بالا، مشاهد می‌شود کاهش جمعیت تهران بر تقاضای حامل‌های انرژی اثر گذاشته و با شیب ثابت تقاضای حامل‌های انرژی کاهش یافته است.

فصل ۵_ جمع بندی و نتیجه گیری

۶-۱ جمع بندی

در این پژوهش با استفاده از چهار سناریوی: افزایش نیروی کار ماهر، کاهش هزینه‌ی کسب و کار، افزایش خدمات از راه دور (مخابراتی) و افزایش خدمات عمومی در منطقه طی دوره ۱۳۹۲-۱۴۱۲ و با توجه به اینکه جمعیت اولیه‌ی استان تهران در سال پایه (۱۳۹۲)، ۱۲۱۸۳۳۹۱ میلیون نفر، تعداد کسب و کارهای تجاری ۱۰۰۰۰۰، تعداد کسب و کار صنعتی کوچک و بزرگ ۱۷۶۰۹ و مقدار اولیه‌ی کل تقاضای حامل‌های انرژی $1,5E + 25$ می‌باشد، به پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی (برق، گاز و بنزین و گازوییل) استان تهران که هدف اصلی این پژوهش است پرداخته می‌شود.

بقاء و ادامه‌ی حیات هر جامعه به توانایی و امکان دسترسی آن جامعه به انرژی بستگی دارد. امروزه انرژی به عنوان یکی از ارکان مهم توسعه‌ی اقتصادی جوامع به شمار می‌رود. از این رو پیش‌بینی تقاضای آن در بخش‌های مختلف اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار است. طی دهه‌های اخیر از انرژی به عنوان یکی از عوامل مهم تولید یاد شده است؛ به طوری که در کنار سایر عوامل تولید، نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات اقتصادی کشورها داشته و با توسعه و پیشرفت اقتصادی، اهمیت آن به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. وابستگی روزافزون زندگی بشر به انرژی موجب شده است تا این بخش به طور بالقوه و بالفعل در کارکرد بخش‌های مختلف اقتصادی کشورها نیز نقش چشم‌گیری ایفا کند. طی سال‌های ۱۹۷۰-۱۹۹۰ شاخص شدت مصرف انرژی به ازاء هر هزار دلار تولید ناخالص واقعی در آمریکای شمالی ۶۲ درصد و اروپای غربی ۵۴ درصد کاهش یافته است. متأسفانه در کشور ما شاخص انرژی بری طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۱ افزایش یافته و از ۱۳ بشکه نفت خام به ۳۹ بشکه برای هر صد هزار تولید ناخالص (به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۶۹) رسیده است. ارقام فوق مبین این واقعیت است که در صورت به‌کارگیری سیاست‌های نامناسب در زمینه‌ی صرفه جوی انرژی، افزایش بازدهی و بهینه‌سازی در تولید و مصرف انرژی در آینده‌ای نه چندان دور، کشور با بحران انرژی مواجه گشته و برای تأمین نیازهای داخلی انرژی از یک کشور صادرکننده نفت به کشوری واردکننده تبدیل خواهد شد. با در نظر گرفتن

میزان وابستگی اقتصاد کشور به صادرات نفت خام، درآمد ارزی و درآمد دولت شدت این بحران مشخص تر می گردد.

اکثر مطالعاتی که تا کنون در زمینه ی تقاضای حامل های انرژی در ایران صورت گرفته به روش اقتصادسنجی بوده و مطالعات محدودی به طور جداگانه برای هریک از حامل های انرژی (برق، گاز و بنزین)، صورت گرفته است. در روش های اقتصادسنجی نمی توان تأثیرات سیاست های مختلف را بر تقاضا حامل های انرژی بررسی کرد. باید اذعان شود که تاکنون پژوهشی در ایران انجام نشده که به پیش بینی و ارزیابی تمام حامل های انرژی (گاز طبیعی، برق، بنزین و گازوییل و پروپان) در بخش خانگی، صنعتی و تجاری به روش پویایی سیستم به طور کلی بپردازد و این یکی از نوع آوری های این پژوهش محسوب می شود.

مطالعه ی تقاضای حامل های انرژی بر اساس مدل های متنوعی میسر هست. پویایی سیستم یکی از روش های نوین مدل سازی برای پیش بینی تقاضای حامل های انرژی است.

ایده ی اصلی برای استفاده از مدل پویایی سیستم در زمینه انرژی در صنعت گاز ایالات متحده از سوی راجر نیل (۱۹۷۳) مطرح شد. وی متغیرهای از جمله تولید، تقاضا و سرمایه گذاری را بررسی کرد. مدل راجر نیل جزء اولین و مهم ترین مدل های شبیه سازی پویایی انرژی است. استرمن و همکاران (۱۹۸۸)، به بررسی صنعت نفت پرداخته و متغیرهای اکتشاف، تولید و مصرف، فناوری، قیمت، درآمد و سرمایه گذاری، تقاضا و جایگزینی را بررسی کردند. وودرویل (۲۰۱۱) با استفاده از مدل پویایی سیستم به پیش بینی تقاضای انرژی در ایالت ماساچوست آمریکا می پردازد. وودرویل در این تحقیق با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی تقاضای انرژی ماساچوست را برای ۲۰ سال شبیه سازی می کند.

مدل پویایی سیستمی تقاضای انرژی وودرویل که برای شبیه سازی تقاضای حامل های انرژی تهران بکاربرده شده شامل هفت زیرسیستم است: زیرسیستم جمعیت: این بخش از چهار گروه سنی تشکیل شده است: الف) ۰-۱۹؛ ب) ۲۰-۴۴؛ ج) ۴۵-۶۴ و د) ۶۵+ سال که نشان دهنده ی کل جمعیت تهران است.

تولد ورود به زنجیره سنی و مرگ و میر خروج از آن می‌باشد. زیرسیستم مسکن: در این بخش با افزایش ساخت و ساز، زیرسیستم مسکن، وسعت پیدا می‌کند و با تخریب، از وسعت آن کاسته می‌شود. زیرسیستم جذابیت منطقه: این بخش عوامل جذابیت منطقه مثل فضای باز و خدمات استانی برای ساکنان بالفعل و بالقوه را نشان می‌دهد. زیرسیستم استفاده از زمین: بخش کاربری زمین، محاسبه‌ی زمین استفاده‌شده به وسیله‌ی مسکن و اماکن تجاری و مراکز صنعتی است. زیرسیستم کسب و کار: اگر منطقه از لحاظ تجاری و صنعتی جذابیت داشته باشد، کسب و کار افزایش می‌یابد و باعث توسعه‌ی بیشتر منطقه می‌شود. زیرسیستم جذابیت کسب و کار: چهار عامل موثر بر جذابیت کسب و کار در منطقه عبارتند از: الف) در دسترس بودن نیروی کار ماهر ب) هزینه‌ی انجام کسب و کار ج) خدمات مخابراتی د) امنیت منطقه: زیرسیستم تقاضای انرژی: چهار منبع انرژی مدل تحقیق عبارتند از: الف) مجموع بنزین و دیزل ب) مجموع گاز طبیعی ج) مجموع تقاضای برق د) کل تقاضای پروپان.

مدل اصلی این پژوهش، حالتی را ارزیابی می‌کند که هیچ کدام از متغیرهای خارجی تغییر نمی‌کنند. نرخ تولد و مرگ، برق، گاز، خدمات ارتباطی، میانگین تعداد خانوارها، و هزینه انجام کارها و خدمات منطقه، همگی ثابت هستند. تنها متغیر خارجی که در طول زمان تغییر می‌کند پروپان مورد استفاده برای مسکن و کسب و کار است. این تغییر به دلیل وارد شدن متغیر پروپان به عنوان تابعی از زمان در مدل است. در آغاز شبیه سازی، به دلیل کمبود مسکن و ازدیاد جمعیت، منطقه از جذابیت کمتری برخوردار است. همین عدم تناسب موجب شده تعدادی از افراد تصمیم به ترک آنجا بگیرند. با افزایش ساخت و ساز جذابیت در منطقه افزایش می‌یابد. رشد و توسعه دوباره شروع می‌شود، رفتار مدل تثبیت و مردم به آنجا مهاجرت می‌کنند که تأثیرات زیادی نیز در منطقه دارد. این تأثیرات شامل افزایش بیشتر جمعیت و در نتیجه افزایش تعداد خانوارها نسبت به مسکن، افزایش نیروی کار و انرژی مورد استفاده است. خود این عوامل دوباره باعث کمبود مسکن و کاهش جذابیت در منطقه می‌شوند اما از سوی دیگر باعث افزایش ساخت و ساز می‌شوند که این عامل مجدداً منطقه را جذاب می‌کند. با افزایش نیروی کار

رقابت بر سر کسب و کار (مشاغل) افزایش می‌یابد اما باعث تشویق بیشتر مردم به خلق و ایجاد مشاغل جدید نیز در منطقه می‌شود که این امر عامل اشتغال‌زای است. کسب و کار جدید و ساخت و ساز مسکن باعث جذب افراد بیشتر به منطقه می‌شود. افزایش جذابیت به دلیل توسعه کسب و کار و کاهش جذابیت به دلیل کاهش زمین‌های آزادی که مورد ساخت و ساز قرار می‌گیرند یکدیگر را خنثی می‌کنند و به این دلیل است که جمعیت به یکباره رشد نمی‌کند و همچنین متوقف نیز نمی‌شود.

با توجه به این که هرچقدر مسکن و کسب و کار بیشتری به منطقه اضافه شود انرژی بیشتری هم مورد نیاز است. برق، گاز و بنزین همچنان بیشتر و بیشتر همزمان با رشد منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. پروپان تنها منبع انرژی در منطقه است که تقاضا برای آن رو به کاهش است. علت کاهش پروپان جایگزینی حامل‌های انرژی دیگر به جای پروپان است. با پیشرفت و توسعه منطقه در طی سال‌ها استفاده از انرژی گاز طبیعی و برق افزایش یافته و استفاده از انرژی پروپان در هر خانه و کسب و کار در حال کاهش است. انرژی کلی نیز روند رو به رشد دارد به گونه ای که ۳/۴ این موارد در طول زمان افزایش می‌یابد.

۶-۲ نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی:

در نتیجه این تحقیق یک سیستم محرک (FB) برای پیش‌بینی تقاضای حامل‌های انرژی در منطقه تهران به صورت موفق ایجاد شده تا راهی برای ارزیابی تأثیر جذابیت منطقه و کسب و کار در منطقه باشد. مدل مورد نظر ساخت و ساز، نرخ رشد جمعیت و مرگ و میر، زمین اشغال شده، جذابیت منطقه، جذابیت کسب و کار و بخش‌های انرژی را در منطقه تهران پوشش می‌دهد. می‌توان از مدل پویایی سیستمی در کمک به مسئولان و تصمیم‌گیرندگان در تعیین مناسب‌ترین اقدامات برای عملی کردن افزایش جذابیت منطقه استفاده کرد. همچنین می‌توان به مسئولان در زمینه انجام تخمین و آمار کمک کرد تا بتوانند به صورت کمی و در غالب عداد و ارقام که از طریق مدل فوق به دست می‌آید هزینه چنین اقداماتی را تعیین کنند.

چهار سناریو با تغییر دادن ارزش مؤلف‌های که ذکر شده ایجاد گردید تا تأثیر معناداری برای رسیدن به نتایج بهتر داشته باشند. در سناریوی اول ۲۰ درصد نیروی کار، انسان‌های ماهر در نظر گرفته شده است. برای پی بردن به تأثیر نیروی کار بر کسب و کار، نیروی کار ماهر را از ۲۰ درصد به ۱۰۰ درصد تغییر داده می‌شود. نتیجه افزایش نیروی کار ماهر جذب کردن مشاغل صنعتی و تجاری برای منطقه است زیرا ملزومات مهارت در نیروی کار در منطقه ایجاد می‌شود. در نتیجه کل حامل‌های انرژی در منطقه نیز افزایش می‌یابد. بنابراین توصیه می‌شود که اقدامات مانند: باز کردن کردن مؤسسات آموزش و فنی حرفه‌ای بیشتر و ایجاد جامعه مختلف شغلی (اصناف) و نیز دانشگاه‌های فنی می‌باشد این اقدامات همچنین شامل تأکید بر آموزش‌های حرفه‌ای و هماهنگ کردن آن با کیفیت آکادمی (تطبیق آموخته-های علمی و نظری) می‌باشد.

با فرض این که استان تهران در بین ۳۳ استان ایران از نظر هزینه‌ی انجام کسب و کار رتبه‌ی ۲۵ داشته باشد؛ یعنی از لحاظ هزینه‌ی انجام کسب و کار در بین استان‌های پر هزینه قرار می‌گیرد. این امر استان تهران را در موقعیتی قرار می‌دهد که برای صاحبان مشاغل چندان مطلوب نیست. برای سهولت ایجاد مشاغل در تهران رتبه‌ی تهران از ۲۵ به ۱ ارتقاء داده شده است. ارتقاء رتبه‌ی تهران مشاغل را به این منطقه جذب می‌کند و مشاغل تجاری و صنعتی در منطقه افزایش می‌یابد در نتیجه تقاضا برای انرژی با افزایش مشاغل بیشتر می‌شود. بنابراین بر اساس نتیجه این سناریو برای افزایش مشاغل و کاهش بیکاری در منطقه توصیه می‌شود که کارآفرین‌ها را تشویق و حمایت کنند و برای کاهش هزینه انجام کسب و کار اقدام به اعطای وام کنند.

در مدل تهران ارزش عددی خدمات مطلوب منطقه یک و ارزش واقعی خدمات منطقه برای تهران ۰,۸ فرض می‌شود. تأثیر خدمات نسبی منطقه حدود ۱,۲۵ هست، در این پژوهش ما میزان خدمات موجود در منطقه را به فراتر از انتظار ارتقاء دادیم که ۱,۲۵ است. بنابراین ۱,۲۵ نشان دهنده‌ی خدمات بهتر و در نتیجه جذابیت بیشتر خواهد بود. افزایش خدمات موجود در منطقه باعث جذب افراد بیشتر به منطقه

می‌شود و این موضوع رشد خانه سازی را تشویق ولی بر کسب و کار تجاری و صنعتی تأثیر نگذاشته است. هرگاه تعداد مسکن و کسب و کار افزایش یابد تقاضای کلی برای انرژی نیز افزایش می‌یابد. براساس نتیجه این سناریو پیشنهاد می‌شود که مسئولان در مناطقی که قصد افزایش جمعیت را دارند اقدام به افزایش خدمات عمومی در منطقه کنند.

دولت‌ها براساس سطح خدمات ارتباط از راه دور به پنج طبقه تقسیم می‌شوند. تهران در طبقه چهارم قرار دارد و طبقه پنجم که بالاترین سطح است پوشش کامل و ارتباطات عالی را می‌رساند. در این پژوهش تهران به سطح پنجم که بالاترین سطح است ارتقاء داده شد؛ یعنی امتیاز آن به جای دو، یک فرض شده است. ارتقاء خدمات از راه دور مشاغل بیشتری را به منطقه جذب می‌کند زیرا این یکی از مؤلفه‌های جذابیت کسب و کار است اما این امر باعث افزایش جمعیت و مسکن نمی‌شود. با افزایش مشاغل جدید تقاضای کلی برای انرژی نیز افزایش می‌یابد. براساس آخرین سناریو مدل، پیشنهاد می‌شود که برای افزایش مشاغل و کاهش بیکاری خدمات ارتباطی را افزایش دهند.

۳-۶ محدودیت‌های تحقیق

اساسی ترین محدودیت در این پژوهش، در دسترس نبودن داده‌های به روز بود، بنابراین در این پژوهش از داده‌های سال ۱۳۹۲ برای پیش بینی تقاضای حامل‌های انرژی استان تهران استفاده شده است. دومین محدودیت نبود یک مدل جامع انرژی با رویکرد سیستم دینامیک در ایران چون بیشتر کارهای که انجام گرفته اقتصاد سنجی بود است.

منابع و مأخذ

- [۱] آمار تفصیلی صنعت برق ایران سال ۱۳۹۲.
- [۲] اهرنجانی، پ، م و موسوی، پریسا و قادری، سید فرید (۱۳۸۶). شبیه سازی تقاضای برق صنایع ایران با استفاده از سیستم دینامیک، نشریه دانشکده فنی، ص ۴۱-۱۰.
- [۳] پور معصومی، سعید (۱۳۸۸). یک مدل دینامیک سیستم برای تجزیه و تحلیل سیستم اقتصاد - انرژی ایران. مهندسی صنایع و مدیریت، ص ۷۱-۸۷.
- [۴] زارع زاده منصوره، قادری سیدفرید، توکلی مقدم رضا. بررسی سیستمی اثرات سیاست های قیمتی بر مصرف خانگی انرژی کشور. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید. ص ۱۱۶-۱۰۸
- [۵] سالنامه آماری استانداری تهران سال ۱۳۹۲.
- [۶] محقر، علی و شریفی، سلیم و علیرضا، زارع و میرک اباد، علی (۱۳۹۰). طراحی مدل سیاست گذاری انرژی در صنعت نفت و گاز (گزینه های مبتنی بر طرح هدفمندسازی یارانه ها)، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ص ۲۳-۴۳.
- [۷] محمدعلی مولایی، داوود منظور، حسین رضائی (۱۳۹۱). فرآیند تعیین قیمت تعادلی در بازار برق ایران با رویکرد پویایی سیستمی. اقتصاد مقداری، فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی های اقتصادی سابق). ص ۷۱-۸۶.
- [۸] منظور، داوود و رضائی، حسین (۱۳۹۱). اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه ها بر قیمت برق در بازار تجدیدساختاریافته: رویکرد پویایی سیستمی. فصلنامه برنامه ریزی و بودجه، ص ۹۵-۱۰۸.
- [۹] منظور داوود، رضایی حسین (۱۳۹۱). بررسی اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه ها بر میزان ظرفیت سازی و تولید برق در کشور: رویکرد پویایی سیستمی. فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی، ص ۲۵-۴۶.
- [۱۰] نهاوندی نسیم، نجف زاده کیان. مقایسه دو رویکرد توسعه سمت عرضه انرژی الکتریکی در مقابل مدیریت سمت تقاضا با روش سیستم های دینامیک. نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید. صفحات ۳۴۲-۳۵۸

- [١١] Adams, H., Adams, J. T. (١٩١٨). The education. Ed. for the armed services.
- [١٢] Alekseev, E. L., & Pendik, V. M. (١٩٨٠). Group decoupler for multichannel data-acquisition systems. *Measurement Techniques*, ٢٣(٨), ٦٩٤-٦٩٢
- [١٣] Alfeld, L. E. (1995). Urban dynamics the first fifty years. *System Dynamics Review*, 11 (3), 199-217.
- [١٤] Al-Najjar, W. (٢٠١٣). A system dynamics simulation model for forecasting energy demand in Pueblo County (Doctoral dissertation, Colorado State University-Pueblo. Library).
- [١٥] Anderson. R.M. and May, R.M., 1979. Population biology of infectious diseases: Part I. *Nature*, 280: 361-367.
- [١٦] Briscoe, E., Hutto, C. J., Blunt, C., Trehwitt, E., Weiss, L., Whitaker, E., & Folds, D. (2010). A multi-scale model of cultural distinctions in technology adoption. *Advances in Cross-Cultural Decision Making*, 239-249.
- [١٧] Choucri, N., Heye, C. & Lynch, M. (1990). Analyzing oil production in developing countries: A case study of Egypt. *The Energy Journal*, 11(3), 91-115
- [١٨] Ford, F. A. (1999). *Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. Island Press.
- [١٩] Forrester, J. W. (1978). *World Dynamics*. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- [٢٠] Labelle, H., Bunnell, W. P., Duhaime, M., & Poitras, B. (1982). Cubitus varus deformity following supracondylar fractures of the humerus in children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2(5), 539-546. LeBel, P. G. (1982). *Energy economics and technology*. [Includes 16-page glossary].
- [٢١] Lee, Y. M., Liu, F., An, L., Jiang, H., Reddy, C., Horesh, R., ... & Chae, Y. T. (2011, December). Modeling and simulation of building energy performance for portfolios of public buildings. In *Proceedings of the Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 915-927). IEEE.
- [٢٢] Naill, R. F. (1973). The discovery lifecycle off initere source. A case study of U. S. natural gas. In Meadows, DL (Eds.), *toward global equilibrium collected papers*.

[٢٣] Ramsewak, R. S., Erickson, A. J., & Nair, M. G. (1999). Bioactive N-isobutylamides from the flower buds of *Spilanthes acmella*. *Phytochemistry*, 51(6), 729-732.

[٢٤] Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and dynamics for a complex world*.

[٢٥] Sterman, J. D. (2001). System dynamics modeling: tools for learning in a complex world. *California management review*, 43(4), 8-25.

[٢٦] Vaudreuil, Guerin, Arnold, and Timms, (2011). "System Dynamics Computer Simulation Modeling to Forecast the Energy Demands for the Montachusett Region under a Variety of Simulations and Scenarios".

A System Dynamics Simulation Model for Forecasting Energy Demand in Tehran County

ABSTRACT

Most studies that have been done in terms of demand for energy carriers in Iran's econometric methods. Research has been conducted in Iran to predict and evaluate all energy carriers (gas, electricity, gasoline, diesel and propane) in domestic, commercial and industrial system dynamics method to pay and this is one of the innovations of this research be. This study examined the effect of the implementation of the model Vvdrvyl in Tehran for the following models of population, housing, land, area attractions, businesses and attractive business deals in energy demand. Energy demand model using 1392 data and system dynamics method has been implemented and to predict energy demand is 1392-1412 paid Tehran in years. As a result of this investigation a drive system for forecasting demand for energy carriers in Tehran has created a successful way to assess the impact of population, housing, and business attractiveness of demand for energy carriers in the region. Increase skilled labor in the area of new jobs and therefore energy demand increases. Tehran rank in terms of cost of doing business from 25 to 1, the highest rating was upgraded. That puts business owners in optimal conditions, making it easier to create jobs in Tehran. As a result, energy demand increases. Loss of service area from 1.25 to 0.8 numerical value that represents the service will be better and therefore more attractive. Increase services available in the region to attract more people in the region and it encourages the growth of housing and increase demand for energy carriers. Tehran upgrade from fourth to fifth rank the highest in terms of full coverage is nothing more jobs to the region attracts because it's one of the components of business attractiveness and therefore increased demand for energy carriers

Key words: Demand for energy carriers, system dynamics, forecast, charm and attractiveness of the business area



Shahrood University of Technology

Faculty of Industrial Engineering &
Management Sciences

MSc Thesis in economic of systems planning

**A System Dynamics Simulation Model for Forecasting
Energy Demand in Tehran County**

By: Rasool hatami

Supervisor:

Dr. Muhammad Ali Molaei

September 2016