

## طراحی مدل پویا برای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمانی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم

مجید معتمدی<sup>۱</sup>محمدحسین درویش متولی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۳

### چکیده

سرمایه‌گذاری در همه جوامع به‌عنوان یکی از محرک‌های رشد و توسعه اقتصادی مطرح می‌باشد و نه تنها در حوزه خود بلکه با اثرگذاری بر دیگر حوزه‌های اقتصادی و اجتماعی، توسعه چند جانبه را به‌همراه خواهد داشت. با توجه به اینکه سرمایه‌گذاری ابعاد زیادی چون ماهیتی پویا و وابسته به زمان دارد، با ابهامات متعدد همراه است. از این رو، ارزیابی معمولی آن، نمی‌تواند جنبه‌های مختلف فضای سرمایه‌گذاری را در طول زمان نشان دهد و در شرایط عدم ثبات شاخص‌های اقتصادی، احتمالات مخاطرات مالی جبران‌ناپذیر در سرمایه‌گذاری از جمله در بخش ساختمان و مسکن نیز افزایش می‌یابد. هدف از این پژوهش، تحلیل حوزه سرمایه‌گذاری ساختمانی با استفاده از روش شبیه‌سازی پویایی سیستم است. بدین جهت، شاخص‌های اصلی مؤثر بر سرمایه‌گذاری ساختمانی، از ادبیات پژوهش استخراج گردید؛ سپس با استفاده از نظرات افراد خبره، روابط و میزان تأثیرگذاری هر یک از این متغیرها تعیین گردید که از آنها به‌عنوان ورودی در ساخت مدل شبیه‌سازی استفاده شد. در مرحله شبیه‌سازی دیاگرام جریان با استفاده از نرم‌افزار ونسیم ترسیم، و آزمون‌های اعتبارسنجی مدل نیز انجام شد. یافته‌ها نشان داد، مدل ارائه شده به‌منظور ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در حوزه ساختمانی، کاربرد داشته و دامنه وسیعی از متغیرها را دربر گرفته است. نتایج، به‌عنوان یک سیستم پشتیبان از تصمیم، روند دستیابی به تصمیم برتر برای انتخاب پروژه سرمایه‌گذاری مناسب را مورد حمایت قرار می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** سرمایه‌گذاری، پروژه ساختمانی، شبیه‌سازی، سیستم پویا

**طبقه‌بندی JEL:** C13, F21, D24, E23

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران.

Moatamedi.m@gmail.com

۲. استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

Mhd.darvish@gmail.com

## ۱. مقدمه

پیشرفت روزافزون دانش و افزایش پیچیدگی مسائل، برنامه‌ریزان و مدیران حوزه آمایش سرزمینی را ناگزیر به تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت با در نظر گرفتن تأثیرات متقابل مؤلفه‌ها و متغیرهای متعدد تأثیرگذار بر مسئله نموده است (شکوری اصل و رفیعیان، ۱۳۹۲). بخش ساختمان از جمله بخش‌های کلان اقتصادی در فرم‌داری زمین و آمایش سرزمینی به‌شمار می‌آید که سالانه حجم وسیعی از نقدینگی کشور را به خود جذب می‌کند (شاه‌آبادی و گنجی، ۱۳۹۳) و به همین دلیل، سرمایه‌گذاری در این بخش، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. با توجه به عدم ریسک کاهش ارزش دارایی‌ها و امکان سرمایه‌گذاری انبوه، سرمایه‌گذاری در مسکن برای اکثریت ایرانیان جذاب است (دهقان تزرجمانی و همکاران، ۲۰۲۱).

همواره نرخ بازدهی سرمایه، از جمله عوامل تأثیرگذار بر سرمایه‌گذاری است و معمولاً در اقتصاد، شاهد هجوم سرمایه به سمت بخش پربازده هستیم (سلطانی، ۱۳۸۳). پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمان با مشخصات متفاوت، فرصت‌های متفاوتی برای یک سرمایه‌گذار ایجاد می‌کنند. با توجه به منابع مالی محدود، اهداف و استراتژی‌های سازمانی، انتخاب یک سرمایه‌گذاری متناسب با شرایط، همواره یکی از چالش‌های شرکت‌های سرمایه‌گذار در این حوزه می‌باشد. در نظر نگرفتن شرایط حوزه سرمایه‌گذاری، اتفاقات احتمالی و مؤلفه‌های اثرگذار، کنش‌ها و واکنش‌های بازار و جامعه، هنگام انتخاب پروژه‌های ساختمانی، موجب شده است، شرکت‌ها در رسیدن به اهداف مورد نظر خود، دچار مشکل شوند. با وجود درصد قابل توجه ارزش افزوده در بخش ساخت و ساز شهری کشور ایران (فرحزادی، ۱۳۹۷) خصوصاً در شهرهای بزرگ و به‌ویژه شهر تهران باز هم در موارد متعدد، سود و نتایج مورد نظر از ساخت، حاصل نمی‌شود و یا با شکست و ضرر مالی مواجه می‌شود. تحلیل صحیح از وضعیت بازار ساخت و ساز و شناخت درست از عوامل کلان تأثیرگذار بر آن و نیز میزان تأثیرگذاری هر یک از آنها، می‌تواند تصمیم‌گیرندگان را در تحلیل و پیش‌بینی درست وضعیت آینده کمک و متناسب با آن، راه‌حل‌های مناسب را ارائه نماید (شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۸).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که شرکت‌ها و بنگاه‌های پروژه محور موجود در کشور با چالش عدم وجود یک فرایند و چهارچوب منسجم و یکپارچه برای ارزیابی و انتخاب پروژه مواجه هستند (محمدی بلبان آباد و ایرانمنش، ۱۳۸۸). عدم وجود سیستمی نظام‌مند برای انتخاب پروژه‌ها، موجب می‌شود پروژه‌ها به‌صورت غیرتخصصی و سلیقه‌ای انتخاب شوند و شرکت‌ها پروژه‌هایی را انجام دهند که با اهداف خود هم‌راستایی کامل نداشته و یا منافع بیشینه را برای سازمان ایجاد نمی‌کنند.

یک ارزیابی از عمومیت تکنیک‌ها نشان می‌دهد که استفاده از رویکردهای مالی، منجر به ایجاد پورتفولیو بهینه نمی‌شوند؛ زیرا رویکردهای مالی بر مبنای اتکا به اطلاعات مالی بوده و در پروژه‌های تحقیق و توسعه و یا پروژه‌های نوآورانه که در آنها عدم قطعیت اطلاعات بیشتر بوده، ممکن است استفاده از رویکردهای مالی، نتایج قابل قبولی ارائه ندهد (کوپر و همکاران، ۲۰۰۱).

یک مدل کلی و جامع که بتواند توسط سازمان‌هایی که علاقه‌مند به مدیریت پورتفولیو پروژه‌ها هستند، مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند یک نقش کلیدی در توسعه مدیریت داشته باشد (مردیت و همکاران، ۲۰۰۸).

پویایی‌های سیستم، یکی از مؤثرترین ابزارهایی است که امکان شناخت و درک قانونمندی‌های حاکم بر فرایندهای تغییر سیستم‌های پیچیده را فراهم می‌کند (تیموری و مزروعی، ۱۳۹۴). بدین ترتیب، با طراحی و پیاده‌سازی یک مدل از پویایی سیستم و بازخوردهای مؤثر در اقدام به سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان‌های شهری تهران، دسته‌بندی پروژه‌های سرمایه‌گذاری و چگونگی جذابیت پروژه‌های ساختمانی، می‌تواند به‌عنوان اولین گام قبل از ارزیابی پروژه‌ها و به‌عنوان یک سیستم پشتیبان از تصمیم مناسب، مورد توجه قرار گیرد. بررسی در حوزه‌های اجتماعی و آمارهای رسمی نشان می‌دهد که در کشور ایران و خصوصاً در شهر تهران، ساختمان و در رأس آن مسکن به‌عنوان یک کالای اقتصادی دارای ویژگی‌هایی است که آن را از سایر کالاها متمایز و تحلیل عرضه و تقاضا و بازار آن را پیچیده می‌کند. بخش مسکن از جمله بخش‌های مهم اقتصادی است که علاوه بر تقاضای مصرفی، به دلیل داشتن نرخ بازگشت سرمایه بالا و میزان ریسک پایین با تقاضای سوداگران نیز مواجه است (پرنگ و همکاران، ۱۴۰۳). از یک سو، مسکن کالای مصرفی است که پس از غذا و پوشاک مهم‌ترین نیاز اساسی انسان است و گران‌ترین کالای ضروری خانوار تلقی می‌شود و از سوی دیگر، ساختمان به‌عنوان کالای غیرمنقول بادوام، کالای سرمایه‌ای است که سرمایه‌گذاری در آن، بزرگ‌ترین بخش دارایی افراد عادی به‌شمار می‌رود و علاوه بر خانوار، برای بنگاه‌های اقتصادی نیز جذابیت بالایی دارد؛ به‌ویژه در شرایط تورمی کشور که اطمینان به بازده سرمایه‌گذاری در بخش‌های اقتصادی دیگر پایین است، خرید و احداث واحدهای ساختمانی، سرمایه‌گذاری امن و اطمینان بخشی است که در بلندمدت پربازده‌تر از سایر سرمایه‌گذاری‌ها می‌باشد (ایزدی‌خواست و همکاران، ۱۳۹۸؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

به‌علاوه عدم اطمینان به آینده و نبود سیستم مناسب تأمین اجتماعی، مسکن را به محل درآمد خانوار در دوران پیری و از کارافتادگی تبدیل می‌کند (ناجی‌میدانی و همکاران، ۱۳۸۹). از این رو، تصمیم به سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان را می‌توان تصمیمی پویا در نظر گرفت که عوامل و متغیرهای گوناگون و متفاوت در این روند مؤثر است. تحلیل و بررسی فرایندها، روند دینامیک و مجموعه علت و معلول‌هایی که باعث می‌شود سرمایه‌گذاران به سمت پروژه‌های ساختمانی در شهر تهران تمایل پیدا کنند و اثر روابط بازخوردی بین علت‌ها و معلول‌ها بر فرایند تصمیم‌گیری برای انتخاب بهتر، لازم به نظر می‌رسد. نظام‌های پشتیبان از تصمیم می‌توانند به‌وسیله گزارش و جستجو و در نهایت شبیه‌سازی، تصمیم‌گیرندگان را مورد پشتیبانی خود قرار دهند (نیکو اقبال، ۱۳۹۳).

در این پژوهش به‌وسیله متدولوژی شبیه‌سازی پویایی سیستم حوزه سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساختمانی در شهر تهران، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و از آن به‌عنوان یک سیستم پشتیبان از تصمیم مدل محور در انتخاب پروژه، می‌توان استفاده نمود.

## ۲. پیشینه پژوهش

نتایج تحقیق شیری و همکاران (۱۳۹۹)، نشان داد که تقاضای سرمایه‌ای مسکن در طول زمان، سبب افزایش قیمت مسکن می‌شود و هر دو دارای روند یکسانی می‌باشند.

نتایج تحقیق احمدی و همکاران (۱۳۹۹)، نیز نشان داد، نوسانات شاخص توان‌پذیری قیمت مسکن شهری، از یک عدم تعادل کوتاه مدت فراتر رفته است، به‌طوری‌که به‌واسطه فاصله گرفتن بیش از پیش درآمد خانوار و قیمت مسکن شهری از یکدیگر، همگرایی این دو متغیر تأیید نشد.

حسن گودرزی و آرمان (۱۳۹۷)، به تحلیل بازار و پیش‌بینی قیمت مسکن تا سال ۱۴۰۵ در تهران با استفاده از روش سیستم دینامیک پرداختند. نتایج حاصل از مدل، نشان داد با افزایش قیمت زمین، قیمت مسکن به صورت نمایی افزایش می‌یابد. همچنین با کنترل تقاضای سرمایه‌ای مسکن، می‌توان نوسانات تقاضای مسکن را کاهش داد.

نتایج تحقیق کریمی (۱۳۹۶)، نشان داد که در بین معیارهای مؤثر بر انتخاب محل بهینه خرید املاک در شهر تهران از دیدگاه سرمایه‌گذار، به‌ترتیب: معیار اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، معیار دسترسی و موقعیت اراضی، معیار زیست محیطی، معیار فضایی عملکردی، بیشترین اهمیت را دارند. شکوری گنجوی و همکاران (۱۳۹۵)، در تحقیق خود سیستم عرضه و تقاضای مسکن شهر تهران را به تفکیک تقاضای سرمایه‌ای و مصرفی ناشی از رشد جمعیت و مهاجرت، با نگرش پویایی سیستم شبیه‌سازی کردند. نتایج بیانگر تأثیر بالای تقاضای سرمایه‌ای و ناکارآمدی سیاست کنترل مهاجرت برای کاهش قیمت مسکن بود.

نتایج تحقیق موسوی و درودیان (۱۳۹۴)، بیانگر تأثیر مثبت هزینه ساخت در قیمت مسکن در کنار اثرگذاری ناچیز رشد نقدینگی بود.

احمدوند و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم، متغیرهای اثرگذار در قیمت مسکن تهران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، افزایش امکانات شهری دیگر استان‌های کشور و عرضه مسکن‌های ارزان قیمت از سوی دولت و ارائه تسهیلات برای ساخت و ساز مسکن، به تعادل در قیمت مسکن و کاهش قیمت در بازار مسکن منجر می‌شود.

نتایج تحقیق ناجی میدانی و همکاران (۱۳۸۹)، نشان داد، متغیرهای کلان اقتصادی حجم پول، تولید ناخالص داخلی، شاخص قیمت مصرف‌کننده و نرخ ارز در ایران، با شاخص قیمت مسکن، رابطه معنی‌دار و مثبت دارند و تا دوره پنجم، سهم زیادی از تغییرات قیمت مسکن توسط خود این متغیر توجیه می‌شود و با افزایش دوره وقفه، سهم متغیرهای تولید ناخالص داخلی، نرخ ارز، حجم پول و شاخص قیمت مصرف‌کننده، در توضیح نوسانات شاخص قیمت مسکن افزایش می‌یابد.

نتایج تحقیق محمدی و همکاران (۲۰۲۴)، نشان داد، نبود یا کمبود مواد، زمان‌بندی پروژه را افزایش می‌دهد و در نتیجه، هزینه پروژه افزایش می‌یابد. همچنین تغییر مشخصات فنی باعث افزایش تأخیر در ارائه طرح‌ها می‌شود که این امر، باعث افزایش زمان‌بندی پروژه و در نتیجه، افزایش هزینه پروژه می‌گردد.

نتایج تحقیق لی<sup>۱</sup> (۲۰۲۲)، نشان داد که انگیزه پیمانکار از ساخت ساختمان سبز به مجموع دریافتی‌ها پس از ترکیب درآمد حاصل از ساخت و ساز و پاداش‌ها و جریمه‌های دولتی بستگی دارد. هر چه مجموع دریافتی‌ها بیشتر باشد، تصمیم پیمانکار برای مشارکت در ساختمان سبز پایدارتر است. یوسفی رودسری (۲۰۲۲)، از پویایی سیستم برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستم تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در شرایط عدم قطعیت استفاده نمود.

دهقان ترزجانی و همکاران (۲۰۲۱)، چرخه‌های بازار مسکن ایران را در افق کوتاه مدت و میان مدت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، اعتماد و ریسک بازار سرمایه‌گذاران در شرایط کنونی بازار مسکن، در رکود عمیقی قرار دارد و در دهه آینده، جهش شدیدی در قیمت مسکن پیش‌بینی نمی‌شود و در اکثر سناریوها، قیمت متناسب با تورم یا کمتر از آن افزایش می‌یابد.

نتایج تحقیق تاپنایت و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷)، نشان داد که سهم قابل توجهی از نوسانات بازار مسکن متأثر از نرخ بهره و وام‌های اعطایی به بخش مسکن است.

تحقیقات وانگ و جینگ<sup>۳</sup> (۲۰۱۶)، نشان داد که افزایش تقاضا به‌عنوان موتوری برای توسعه بازار املاک و مستغلات است، و قیمت بالای مسکن طبیعی است؛ زیرا این بازار، یک بازار بسته داخلی نیست؛ بلکه یک بازار بین‌المللی است؛ و نه تنها مردم بومی، بلکه مردم خارج از کشور نیز اقدام به خرید خانه می‌کنند.

هو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۰)، مدلی برای جلوگیری از انفجار حباب مسکن، با استفاده از پویایی شناسی سیستم‌ها ارائه کرده‌اند. یافته‌ها نشان داد که یک استراتژی پیوسته از حرکات شاخص قیمت تدریجی، نرخ بالای بهره وام‌ها و نرخ پایین‌تر بیکاری، به‌طور مؤثرتری به تقویت کنترل ریسک بازار مسکن شهری، تقویت بهره‌برداری از منابع مؤثر و در نهایت، به تحریک همه جانبه توسعه بازار مسکن شهری منجر می‌شود.

### ۳. مبانی نظری

توسعه یک سویه، نامتوازن و بدون برنامه شهرها، جمعیت و فعالیت‌ها در پهنه سرزمین، بسیاری از ظرفیت‌های کشور را بدون استفاده گذاشته و مشکلات بسیاری را در سطوح مختلف به برنامه‌ریزان تحمیل کرده است (محمودی، ۱۴۰۲).

بازار مسکن در ۱۵ سال گذشته، یکی از بخش‌های ناپایدار اقتصاد ایران بوده است و ایران با مشکلاتی در عرضه و تقاضا برای مسکن مواجه است، از جمله تقاضای کلی و ناکارآمد بودن اقتصاد برای پاسخ مناسب به این تقاضا (شیری و همکاران، ۱۳۹۹).

1. Lee et al. (2022)

2. Tupenaite et al. (2017)

3. Wang et al. (2016)

4. Ho et al. (2010)

پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمان با مشخصات متفاوت، فرصت‌های متفاوتی برای یک سرمایه‌گذار ایجاد می‌کنند. در نظر نگرفتن شرایط حوزه سرمایه‌گذاری، اتفاقات احتمالی و مؤلفه‌های اثرگذار، کنش‌ها و واکنش‌های بازار و جامعه، هنگام انتخاب پروژه‌های ساختمانی، موجب شده است، شرکت‌ها در رسیدن به اهداف مورد نظر خود دچار مشکل شوند. تقاضای مسکن به دو دسته تقاضای مصرفی و سرمایه‌ای تقسیم می‌شود. تقاضای مصرفی خانوارها به منظور تأمین مسکن اجتناب ناپذیر است و کشش قیمتی این نوع تقاضا بسیار پایین است. تقاضای سرمایه‌ای مسکن به میزانی بیش از سرپناه مورد نیاز خانوارها است (ایزدخواستی و همکاران، ۱۳۹۸). در ارتباط با عرضه مسکن نیز باید گفت که عرضه مسکن از عرضه واحدهای مسکونی نوساز، نوسازی و بهسازی واحدهای مسکونی فرسوده موجود و ذخیره مسکن موجود تشکیل می‌شود (ایزدخواستی و همکاران، ۱۳۹۸).

### عوامل مؤثر بر قیمت ساختمان و مسکن

بخش مسکن دارای ارتباط گسترده و متقابلی با سایر بخش‌های اقتصادی است، به‌طوری‌که همواره تحت تأثیر بخش‌های دیگر قرار می‌گیرد و بر سایر بخش‌ها نیز تأثیر می‌گذارد. از سوی دیگر، مسکن یکی از نیازهای مبهم و اساسی خانواده‌ها است که جایگاه ویژه‌ای در سبد خانوار دارد. مسکن یک کالای ضروری و بدون جانشین است و تقاضای آن همواره در حال افزایش است (فریدون وند، ۱۳۹۷).

### سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان

همواره از جمله متغیرهای مؤثر در افزایش عرضه کالا، افزایش سرمایه‌گذاری در آن بخش است. یکی از عوامل مؤثر در میزان سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان، چگونگی حضور بخش دولتی و بخش خصوصی در کنار یکدیگر در بازار مسکن است (کریمی، ۱۳۹۶). سرمایه‌گذاری در صنعت ساختمان تنها زمانی می‌تواند باعث رشد اقتصادی شود که تزریق سرمایه و تولید مسکن به‌صورت هدفمند باشد و در نهایت، موجب مصرف مسکن شود؛ زیرا در صورتی که سرمایه‌های وارد شده به بخش ساختمان هدایت نشود، قیمت نهایی مسکن افزایش خواهد یافت و مصرف‌کنندگان واقعی مسکن را برای خرید ناتوان‌تر خواهد کرد (پرچمی جلال، ۱۳۹۶).

### جمعیت

نرخ رشد جمعیت در کلان‌شهرهایی چون تهران، یکی از عوامل مهم در تقاضا برای مسکن است. در محاسبه نرخ رشد جمعیت برای کلان‌شهرهایی چون تهران، عامل مهاجرت نیز باید در نظر گرفته شود. افزایش جمعیت اثر مستقیم بر تقاضای واقعی دارد و مطابق اصل عرضه و تقاضا، همواره افزایش تقاضا، افزایش قیمت را به همراه دارد (لی، ۲۰۲۲).

### سیاست دولت مبنی بر اخذ مالیات از معامله‌گران مسکن

مالیات ۳۵ درصدی برای افرادی که بیش از سه بار معامله مسکن انجام داده باشند که این خود موجب خواهد شد، هزینه مالیات روی قیمت مسکن بیاید و این هزینه بر عهده خریدار خواهد بود و موجب افزایش بیشتر قیمت مسکن خواهد شد.

### میزان تقاضای مؤثر (تقاضای واقعی)

تقاضای مسکن به دو بخش تقاضای واقعی و تقاضای سرمایه‌ای، تقسیم می‌شود. با افزایش میزان نقدینگی و افزایش شدید قیمت‌ها، تقاضای واقعی کاهش و تقاضای سرمایه‌ای افزایش می‌یابد و در نتیجه، نسبت تقاضای سرمایه‌ای به تقاضای واقعی افزایش می‌یابد و این امر باعث افزایش قیمت مسکن خواهد شد. افزایش تقاضای مؤثر به‌خودی‌خود تأثیر بسیار ملایمی در قیمت مسکن خواهد داشت، زیرا منجر به تولید واقعی مسکن خواهد بود. املاک در شرایطی به‌عنوان بازاری جذاب برای سرمایه‌گذاری انتخاب می‌شود که دارای بازدهی بالاتری نسبت به دیگر بازارها باشد. این عوامل بر تقاضای مسکن مؤثر هستند: نرخ شهرنشینی، تسهیلات بانکی، نرخ اجاره بها، درآمد سرانه، مالیات بر بخش مسکن و نرخ رشد نقدینگی.

### عرضه واحدهای ساختمانی

عرضه ساختمان، یکی از متغیرهای تعیین‌کننده قیمت املاک است. به‌دلیل زمان‌بر بودن ساخت یک واحد ساختمانی، عرضه واحدها در کوتاه مدت ثابت است؛ اما در بلندمدت به علت افزایشی بودن ارزش زمین، روند عرضه نیز افزایشی است. تغییر در سه نهاده عمده زمین، مصالح ساختمانی و نیروی کار منجر به ایجاد نوسانات در ساخت‌وساز و اختلال در عرضه می‌گردد. اگر عرضه‌کننده‌ای، توان مالی کافی داشته باشد و قیمت مسکن پایین باشد، ترجیح می‌دهد که کالای خود را احتکار کند و به انتظارات تورمی چشم بدوزد.

### عوامل سمت عرضه مؤثر بر قیمت ساختمان و املاک عبارتند از:

الف) عوامل قیمتی مؤثر در هزینه‌های ساخت‌وساز (سرمایه‌گذاری پروژه‌های ساختمانی): بهای مصالح، قیمت زمین، دستمزد کارگران، نرخ خدمات ساختمانی و نرخ سود بانکی، باعث می‌شود که هزینه ساخت‌وساز و قیمت مسکن بیشتر شود.

ب) عوامل غیرقیمتی مؤثر بر هزینه‌های ساخت‌وساز: ۱- انباشت سرمایه با توجه به محدودیت زمین، باعث افزایش هزینه تولید ساختمان می‌شود؛ ۲- عرضه ناچیز زمین در تهران سبب افزایش تراکم، افزایش قیمت و کوچک‌تر شدن واحدهای ساختمانی خواهد شد (رحیم‌پور و وکیل قاهانی، ۱۳۹۰).

۳- اثرات دوسویه افزایش کرایه بها را می‌توان به دو صورت بررسی کرد: تمایل خانوارهای فاقد مسکن شخصی به منظور احداث آن و همچنین تمایل سرمایه‌گذاران و سازندگان واحدهایی به منظور

استیجار. ۴- تدوین نظام مالیاتی در حوزه املاک، در عرضه و تسریع در فروش ملک و در نتیجه، در کاهش قدرت چانه زنی مالک تأثیر بسزایی دارد.

### تورم

قیمت مسکن بر خلاف تورم، از یک روند فزاینده و خطی برخوردار نیست؛ بلکه منحنی آن دارای یک روند پلکانی است که حول محور تورم در نوسان است؛ به‌طوری که در بلند مدت شاخص تورم و قیمت مسکن به‌طور تقریبی با یکدیگر برابر می‌شوند (اسدپور، ۱۳۹۸).

### قیمت زمین

افزایش روز افزون قیمت زمین را در شهرهای بزرگ که از مشخصه‌های کشورهای روبه رشد است، می‌توان از یک‌سو، به بالا بودن میزان تقاضا برای اراضی شهری و از سوی دیگر، به اتمام ظرفیت عرضه زمین مناسب برای انواع کاربردهای موردنیاز جامعه، نسبت داد.

### قیمت مصالح ساختمانی

افزایش قیمت مصالح ساختمانی که منجر به افزایش هزینه فعالیت‌های بخش ساختمان می‌شود، تأثیری منفی در عرضه این بخش دارد و از آنجا که مصالح ساختمانی بیشترین سهم را در ارزیابی بخش املاک دارد، به موازات کاهش ارزش پول ملی، شاهد افزایش بیش‌ازپیش هزینه تمام شده در این بخش هستیم (کریمی، ۱۳۹۶).

روش شناسی پویایی‌های سیستم، برای اولین بار توسط فارستر<sup>۱</sup> (۱۹۶۱) در کتاب پویایی‌های صنعتی به کار گرفته شد. همچنین وی نحوه اثرگذاری ساخت و ساز مسکن و توسعه کسب و کار بر رشد و رکود ناحیه شهری را در قالب پویایی شهری با ارائه نظریه پویا تحلیل کرد (فارستر، ۱۹۶۹؛ اسکارتویت و همکاران، ۲۰۰۷).

شبیه‌سازی برای نمایش رفتار پدیده‌های واقعی و با استفاده از مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طریق مدل شبیه‌سازی می‌توان نوع، نحوه و فرایندهای رفتاری و عملکردی مدل را در طول زمان تعیین و تأثیرات مفروضات مختلف را در آن شناسایی و عملکردهای آن را ارزیابی کرد (فیضی و مقدسی، ۱۳۹۵).

پویایی‌های سیستم، یکی از مؤثرترین ابزارهایی است که امکان شناخت و درک قانونمندی‌های حاکم بر فرایندهای تغییر سیستم‌های پیچیده را فراهم می‌کند (تیموری و مزرعه فراهانی، ۱۳۹۴). چرخه مسکن شامل سرمایه‌گذاری، ساخت و ساز، معامله و نحوه استفاده از آن است (احمدوند و همکاران، ۱۳۹۳). در اواخر دهه ۸۰، مدل پویای قیمت ساختمان طراحی شد که بر اساس آن، پویایی عرضه و قیمت واحدهای ساختمانی و مسکونی جدید، مستلزم این است که عرضه عوامل تولید آن بخش را نیز پویا در نظر گرفت که مسئله را پیچیده می‌کند. برای حل این مسئله، علاوه بر هزینه

1. Forrester (1961)

2. Skartveit et al. (2007)

نهایی و کل که تابع سطح تولید واحدهای جدید سرمایه‌گذاری هستند، بلکه نرخ تغییرات تولید نیز بر آن مؤثر است (شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۸).

#### ۴. روش شناسی پژوهش

این تحقیق از لحاظ هدف، اکتشافی و در زمره تحقیقات کاربردی است. هدف پژوهش توسعه دانش کاربردی در حوزه پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمانی با ارائه مدل و روشی کاربردی برای ارائه رویکردی است که با آنالیز داده‌ها، بررسی و توصیف روابط متغیرهای اثرگذار به دنبال علل جاذبه یا دافعه، شکست یا موفقیت یک پروژه است که به بیان ویژگی‌های یک سرمایه‌گذاری مناسب می‌پردازد. جامعه آماری تحقیق شامل متخصصان، خبرگان و فعالانی است که به صورت تخصصی در حوزه سرمایه‌گذاری ساختمان فعالیت می‌کنند و شامل مدیران و کارکنان سازمان‌های فعال در حوزه پروژه‌های سرمایه‌گذاری ساختمان‌های شهری، مجریان و سازندگان پروژه‌های ساختمانی و مشاوران املاک، معامله‌گران و رابطین حوزه ساختمان در شهر تهران می‌باشند که از بین آنها تعداد ۱۰ نفر نمونه آماری تا زمان رسیدن به اشباع نظری در پاسخ‌های دریافت شده انتخاب شدند.

برای جمع‌آوری اطلاعات در زمینه‌های مبانی نظری و ادبیات تحقیق، از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. به منظور جمع‌آوری اطلاعات از نظر خبرگان و فعالان این حوزه، منابع، مستندات شرکت‌های سرمایه‌گذاری حوزه ساختمان و داده‌های تاریخی استفاده شده است.

روش تحلیلی مبنا در این پژوهش، شبیه‌سازی با استفاده از متدولوژی پویایی سیستم می‌باشد. تحلیل داده‌ها و تشخیص متغیرهای اساسی و روابط بازخوردی بین آنها با این روش صورت پذیرفته و اثر روابط بازخوردی بر این اساس مشخص شده است. برای مدل‌سازی پویایی‌های سیستمی، از نرم افزار ونسیم استفاده گردید.

برای حل مسئله با استفاده از متدولوژی پویایی سیستم، در اولین گام به شناسایی و تعریف مسئله پرداختیم. در این پژوهش، قصد داریم با توجه به عرضه و تقاضا، عوامل مؤثر بر قیمت ساختمان در شهر تهران را مورد بررسی قرار داده و مدلی برای این منظور ارائه دهیم تا بتوانیم قیمت مسکن را در چند سال آینده پیش‌بینی نموده و بر این اساس، میزان جذابیت سرمایه‌گذاری در این صنعت ساختمانی را مورد بررسی قرار دهیم.

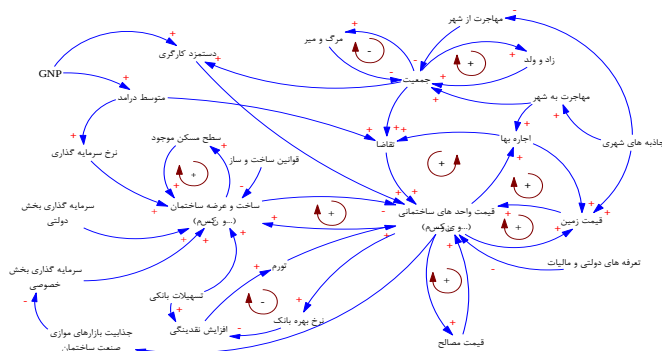
در گام دوم در بخش مفهوم‌سازی سیستم، به شناسایی روابط علی بین پارامترهای تأثیرگذار بر قیمت مسکن و چهارچوب سیاست‌ها می‌پردازیم. در متدولوژی پویایی سیستم، کلیه تعاملات درونی سیستم و محیط به صورت روابط علی در نظر گرفته می‌شود. همچنین می‌دانیم که مفهوم‌سازی باید به صورت بندی کامل مدل در قالب حلقه‌های بازخوری، جریان‌های فیزیکی و اطلاعاتی، متغیرها و پارامترها ترجمه شود. پس ابتدا عوامل مؤثر بر قیمت ساختمان و مسکن بیان می‌شود. با توجه به تحقیقات انجام شده در حوزه تحلیل بازار مسکن و همچنین مسکن در شهر تهران و به استناد نظر افراد خبره در این حوزه، متغیرهای اصلی مدل پویایی سیستم، به شرح زیر شناسایی شده‌اند:

قیمت مسکن (فرحزادی، ۱۳۹۷؛ چه، ۲۰۰۵؛ هو، وانگ و لیو، ۲۰۱۰)، قیمت زمین (شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۸؛ ایزدخواست و همکاران، ۱۳۹۸؛ چه، ۲۰۱۰)، تقاضای مسکن (عاطفی و همکاران، ۲۰۱۰؛ هو، ۲۰۰۳؛ رحیمی و نظریان، ۱۳۸۷)، عرضه مسکن (ایزدخواست و همکاران، ۱۳۹۸؛ هو و همکاران، ۲۰۱۰؛ یوکان، ۲۰۰۳؛ احمدوند و همکاران، ۱۳۹۳؛ شاه‌آبادی، ۱۳۹۳؛ رحیمی و نظریان، ۱۳۸۷)، سهم هزینه مسکن در بودجه خانوارها به قیمت مسکن (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹؛ فرحزادی، ۱۳۹۷؛ هو و همکاران، ۲۰۱۰)، خرید مسکن (فرحزادی، ۱۳۹۷؛ هو و همکاران، ۲۰۱۰)، تورم در بخش مسکن (قلی‌زاده و صمدی‌پور، ۱۴۰۳؛ شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۸؛ ایزدخواست و همکاران، ۱۳۹۸؛ قافله‌باشی، ۱۳۸۸)، سرمایه‌گذاری جامعه روی ملک (هو، ۲۰۰۳؛ شاه‌آبادی، ۱۳۹۳)، سرانه تولید ناخالص داخلی (هو و همکاران، ۲۰۱۰؛ چه، ۲۰۰۵؛ هو، ۲۰۰۳؛ شاه‌آبادی، ۱۳۹۳)، هزینه ساخت و ساز (چه، ۲۰۰۳)، جمعیت (هو و همکاران، ۲۰۱۰؛ چه، ۲۰۰۵؛ هو، ۲۰۰۳؛ عاطفی و همکاران، ۲۰۱۰؛ شاه‌آبادی، ۱۳۹۳)، امکانات شهری تهران (شعبانپور و همکاران، ۱۳۹۸؛ دانشپور و حسینی، ۱۳۹۱)، هزینه رهن و اجاره (فرحزادی، ۱۳۹۷؛ دانشپور و حسینی، ۱۳۹۱؛ رحیمی و نظریان، ۱۳۸۷)، تسهیلات بانکی برای بخش خصوصی در ساخت و ساز (ایزدخواست و همکاران، ۱۳۹۸؛ احمدوند و همکاران، ۱۳۹۳؛ شاه‌آبادی، ۱۳۹۳)، عرضه مسکن از سوی دولت (شاه‌آبادی، ۱۳۹۳).

از مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری بازار مسکن ایران، می‌توان به سهم بالای هزینه مسکن در سبد هزینه خانوار اشاره نمود (دانشپور و حسینی، ۱۳۹۱) که نشانه اهمیت حمایت و تسهیلات دولتی در بازار مسکن است.

## ۵. نتایج

پس از ساخت نمودار جریان و شناسایی متغیرها اقدام به شبیه‌سازی و اجرای مدل برای یک بازه زمانی ۵ تا ۱۰ ساله شد و نتایج شبیه‌سازی ارائه گردید.



شکل ۱: نمودار علت و معلولی حوزه سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز

مدل علت و معلولی نمایش داده شده در شکل (۱)، مدل کلی سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز می‌باشد. شناسایی روابط بین متغیرها و همچنین جمع‌آوری اطلاعات در زمینه مسکن، کار بسیار مشکل و نشدنی خواهد بود، چون قیمت مسکن از عوامل متعددی تأثیر می‌پذیرد که خود عوامل نیز از یکدیگر تأثیر خواهند پذیرفت و بنابراین، از یک نمودار علت و معلولی مطابق شکل (۵) برای تعیین قیمت استفاده شد.

شکل (۲)، نمودار علت و معلولی مورد استفاده در پیش‌بینی قیمت مسکن تهران را نشان می‌دهد. در این شکل، حلقه (۱)، قانون سنتی مربوط به عرضه را بیان می‌کند؛ به این صورت که با افزایش قیمت، عرضه زیاد می‌شود و با افزایش عرضه قیمت کاهش می‌یابد که نتیجه، یک حلقه منفی خواهد بود.

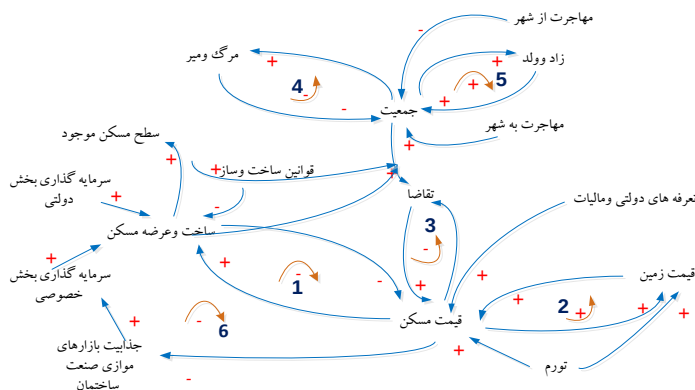
حلقه (۲)، مربوط به رابطه بین قیمت زمین و قیمت خانه می‌باشد، به این صورت که با افزایش قیمت زمین، قیمت مسکن نیز افزایش می‌یابد، پس یک حلقه مثبت ایجاد خواهد شد.

حلقه (۳)، قانون مربوط به تقاضا را بیان می‌کند؛ به این صورت که با افزایش تقاضا، قیمت افزایش می‌یابد و با افزایش قیمت، تقاضا کاهش می‌یابد.

در حلقه (۴)، با افزایش مرگ‌ومیر، جمعیت کاهش می‌یابد و با افزایش جمعیت، مرگ‌ومیر افزایش در نتیجه تقاضا برای مسکن در اثر کاهش جمعیت کاهش می‌یابد. نتیجه، یک حلقه منفی خواهد بود.

حلقه (۵)، با افزایش زادوولد، جمعیت زیاد می‌شود و با افزایش جمعیت، زادوولد نیز افزایش می‌یابد؛ نتیجه یک حلقه مثبت خواهد بود.

حلقه (۶)، با افزایش قیمت مسکن، میزان جذابیت سرمایه‌گذاری در بازارهای موازی با صنعت ساختمان مانند طلا، ارز و بورس کاهش می‌یابد.

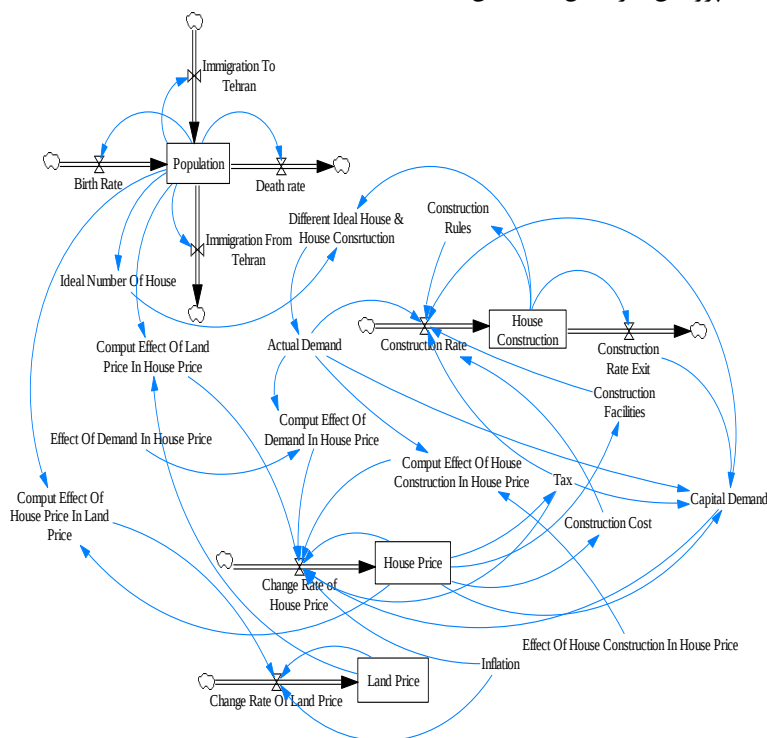


شکل ۲: نمودار علت و معلولی مورد استفاده در پیش‌بینی قیمت مسکن شهر تهران

با کاهش این جذابیت، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در صنعت ساختمان و مسکن افزایش یافته و باعث افزایش عرضه مسکن می‌شود. هنگامی که سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز افزایش می‌یابد، عرضه کل زیاد می‌شود و نسبت تقاضا به عرضه کم می‌شود که کاهش قیمت مسکن را به همراه دارد. نهایتاً افزایش عرضه نیز به کاهش قیمت مسکن منجر خواهد شد. نتیجه یک حلقه منفی خواهد بود.

### ۵-۱. مدل حالت جریان پویایی سیستم

هدف اصلی از نمودار جریان، بازنمایی ساختار جریان دقیق سیستم در قالب ساختار سیاست‌هایی ظریف و جزئی، به منظور تسهیل ایجاد مدل ریاضی برای شبیه‌سازی است. مدل حالت-جریان حوزه مورد مطالعه پژوهش، در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: مدل پویایی حالت-جریان حوزه سرمایه‌گذاری پروژه‌های ساختمانی شهر تهران

برای متغیر سطح جمعیت، دو متغیر نرخ زاد و ولد و نرخ مرگ‌ومیر در نظر گرفته شده است. میزان زاد و ولد و مرگ‌ومیر برای شهر تهران، از اطلاعات ثبت احوال استخراج شده است. با انجام محاسبات و میانگین‌گیری نرخ زاد و ولد ۶ درصد و نرخ مرگ‌ومیر ۴ درصد در نظر گرفته شد. جمعیت شهر تهران در سال ۹۹ طبق آمار سازمان ثبت احوال تهران نیز ۹۶۱۱۵۷۷ نفر بود. همچنین بر اساس آمار، اطلاعات استخراج شده از منابع معتبر میزان مهاجرت نیز به ترتیب ورود و خروج ۵ و ۲/۵ درصد در نظر گرفته شده است.

Birth Rate = 0.06 \* Population, Immigration To Tehran = 0.05 \* Population  
 Death rate = 0.04 \* Population, Immigration From Tehran = 0.025 \* Population  
 (Birth Rate + Immigration To Tehran - Death rate - Immigration From Tehran,  
 Population) = INTEG (9611577)

برای محاسبه تعداد مسکن ایده‌آل، برای هر خانوار، یک واحد مسکونی در نظر گرفته شد. بعد خانوار برای شهر تهران از سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۳/۴ نفر به‌دست آمده است، بنابراین از تقسیم جمعیت بر بعد خانوار، تعداد مسکن ایده‌آل به دست می‌آید.

Ideal Number Of House = Population / 3.4

برای محاسبه تقاضای واقعی دو پارامتر در نظر گرفته شد: اول، تفاوت میزان مسکن موجود و ایده‌آل و دوم، قیمت یک متر مربع واحد مسکونی. با استفاده از آمار ۱۰ سال اخیر، ابتدا تعداد خانوار برای هر سال محاسبه شد و تعداد مسکن ایده‌آل به‌دست آمد. در این محاسبه، به بعد خانوار که در سرشماری سال ۹۵، ۳/۴ نفر و در سرشماری سال ۸۵، ۳/۷ نفر بود، توجه شده است. سپس تفاوت مسکن ایده‌آل و مسکن موجود محاسبه شد. در ادامه، فرض شد که ۹۰ درصد از این کمبود، میزان تقاضا می‌باشد. برای نشان دادن تأثیر قیمت مسکن روی تقاضا، از درون‌یابی مقدار درصد تغییر تقاضا در برابر درصد تغییر قیمت مسکن برای ۱۰ سال اخیر استفاده شد و تقاضای محاسبه شده در بخش قبل در مقدار (۱+ درصد تغییر تقاضای حاصل از تغییر قیمت مسکن) ضرب شد. این درصد تغییر تقاضا می‌تواند مثبت یا منفی باشد. پس نتیجه به‌صورت زیر است:

Different Ideal House & House Construction = Ideal Number of House - House  
 Construction Actual Demand = 0.9 \* Different Ideal House & House  
 Construction \* (1 + Comput Effect of House Price in Actual Demand)

از برازش تعداد واحد ساخته شده در سال در ۱۰ سال اخیر در برابر تقاضای محاسبه شده، مشاهده می‌شود که بهترین برازش به‌صورت ۷۵ درصد تقاضای سالانه و ۲۵ درصد تقاضای سرمایه‌ای و همچنین میزان اثر متغیرهای تسهیلات و قوانین ساخت و ساز، مالیات و هزینه ساخت و ساز در محاسبه نرخ ساخت و ساز در سال در نظر گرفته شده است. مطابق بررسی داده‌های تاریخی و منابع مرجع، تعداد زیادی از موارد سرمایه‌گذاری، چه در بخش دولتی و چه در بخش خصوصی، به سرانجام نخواهد رسید که در مدل شبیه‌سازی در نظر گرفته شده است.

بر همین اساس و با در نظر گرفتن واحدهای تخریب شده جهت نوسازی و خارج شدن برخی واحدها از سرویس به علت فرسودگی یا خالی ماندن واحد از مقدار کل واحدهای ساختمانی اثرگذار در تقاضا و در دسترس کاسته خواهد شد. همان‌طور که قبلاً بیان شد، عرضه از قیمت مسکن نیز تأثیر می‌پذیرد. پس از درون‌یابی درصد تغییر ساخت‌وساز در برابر درصد تغییر قیمت مسکن در ۱۰ سال اخیر استفاده می‌کنیم. تعداد واحد مسکن موجود به‌دست آمده از سرشماری عمومی نفوس و مسکن، برابر ۲۷۱۰۰۰۰ واحد مسکونی می‌باشد.

بنابراین، معادلات به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Construction Rate} = 0.75 * \text{Actual Demand} + 0.25 * \text{Capital Demand} + (0.1 * \text{Construction Facilities}) - (0.1 * \text{Construction Rules}) - (0.1 * \text{Construction Rules}) - (0.1 * \text{Tax} - 0.125 * \text{Construction Cost Hose})$$

$$\text{Construction} = \text{INTEG}(\text{Construction Rate} - \text{Construction Rate Exit}, 2710000)$$

برای محاسبه نرخ تغییر قیمت مسکن، می‌باید چهار عامل در نظر گرفته شود: الف) اثر تقاضا بر قیمت مسکن می‌باید به گونه‌ای باشد که با افزایش تقاضا، قیمت نیز افزایش یابد. برای این منظور، از درون‌یابی درصد تغییر قیمت مسکن در برابر مقادیر مختلف تقاضا برای ۱۰ سال اخیر استفاده می‌کنیم؛ ب) اثر عرضه و ساخت‌وساز بر قیمت مسکن نیز باید در نظر گرفته شود. بدین منظور، از درون‌یابی درصد تغییر قیمت مسکن در برابر مقادیر مسکن عرضه شده در ۱۰ سال اخیر استفاده می‌کنیم؛ ج) اثر قیمت زمین بر قیمت مسکن نیز در قیمت مسکن تأثیر بسزایی دارد. بدین منظور، از درون‌یابی درصد تغییر قیمت مسکن در برابر درصد تغییر قیمت زمین برای ۱۰ سال اخیر استفاده می‌کنیم؛ د) اثر تورم نیز مهم می‌باشد. در نهایت، تمام این اثرات را بر روی قیمت مسکن به صورت همزمان در نظر می‌گیریم. برای این کار، از یک میانگین وزنی استفاده می‌کنیم. با رسم نمودار قیمت مسکن در برابر تک‌تک عوامل، مشاهده می‌شود که قیمت زمین بیشترین تأثیر را در قیمت مسکن داشته است. پس درصد تغییر قیمت مسکن که از درصد تغییر قیمت زمین به دست می‌آید، می‌باید وزن بیشتری بگیرد. با توجه به توضیح داده شده، وزن عوامل به صورت زیر خواهد بود:

درصد تغییر قیمت مسکن، حاصل از درصد تغییر قیمت زمین: ۰/۴

درصد تغییر قیمت مسکن، حاصل از مقدار عرضه مسکن: ۰/۲

درصد تغییر قیمت مسکن، حاصل از میزان تقاضا: ۰/۲

درصد تغییر قیمت مسکن، حاصل از تورم: ۰/۲

با این میانگین‌گیری وزنی، درصد تغییر قیمت مسکن به دست می‌آید؛ بنابراین، معادله نهایی

به صورت زیر است:

$$\text{Change Rate of House Price} = (0.4 * \text{Comput Effect of Land Price in House Price} + 0.2 * \text{Comput Effect of Demand in House Price} + 0.2 * \text{Comput Effect of House Construction in House Price} + 0.2 * \text{Inflation}) * \text{House Price}$$

متوسط قیمت یک متر مربع واحد مسکونی در سال ۹۹ در شهر تهران، ۲۳۰۰۰۰۰۰ تومان در نظر گرفته، میانگین تورم در دوره پیش‌بینی که از سال ۱۴۰۰ تا سال ۱۴۰۵ می‌باشد، ۲۰ درصد فرض شده است.

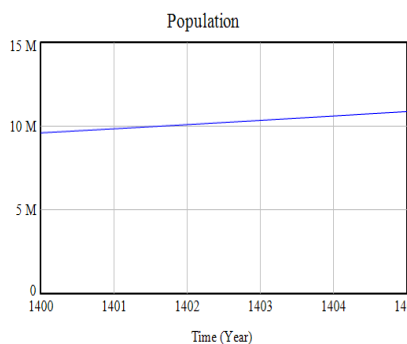
$$\text{House Price} = \text{INTEG}(\text{Change Rate of House Price}, 23000000)$$

در این مدل، فرض می‌شود که قیمت زمین تنها از تورم و قیمت واحد مسکونی تأثیر می‌پذیرد. با درون‌یابی تغییرات قیمت زمین در برابر تغییرات قیمت مسکن برای ۱۰ سال اخیر، می‌توان درصد تغییر قیمت زمین برای هر مقدار تغییر قیمت واحد مسکونی را به دست آورد. با رسم نمودار تغییرات قیمت زمین در برابر تغییرات قیمت مسکن و همچنین تورم برای ۱۰ سال اخیر، مشاهده می‌شود که

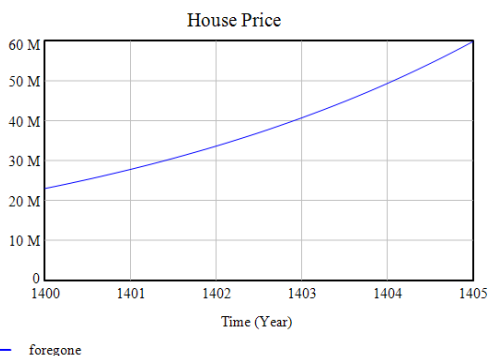
تغییرات قیمت مسکن، تأثیر بیشتری نسبت به تورم بر روی تغییرات قیمت زمین دارد. پس می‌بایست وزن بیشتری در تعیین درصد تغییر قیمت زمین داشته باشد. وزن‌های در نظر گرفته شده برای درصد تغییر قیمت زمین حاصل از تغییر قیمت مسکن و درصد تغییر قیمت زمین حاصل از تورم، به ترتیب، برابر  $0.7$  و  $0.3$  می‌باشد. متوسط قیمت یک مترمربع زمین کلنگی در شهر تهران در سال ۹۹ به‌طور میانگین، ۳۴۶۰۰۰۰۰ تومان بوده است.

$$\text{Change Rate of Land Price} = (0.7 * \text{Comput Effect of House Price in Land Price} + 0.3 * \text{Inflation}) * \text{Land Price Land Price} = \text{INTEG}(\text{Change Rate of Land Price}, 34600000)$$

حال مدل را برای سال ۱۴۰۰ تا سال ۱۴۰۵ اجرا می‌کنیم. نتایج اجرای مدل در ادامه ارائه می‌گردد. نمودارهای همه متغیرها برای سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۵ در شکل (۴) الی (۱۲) آورده شده است.



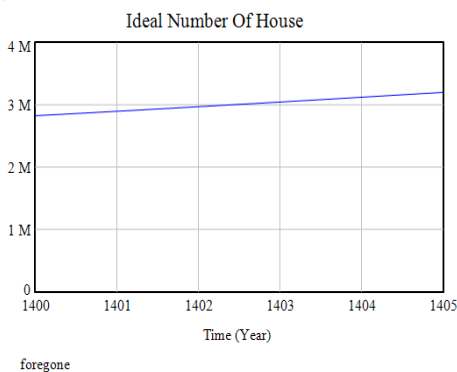
شکل ۴: متغیر جمعیت، ۱۴۰۵-۱۴۰۰



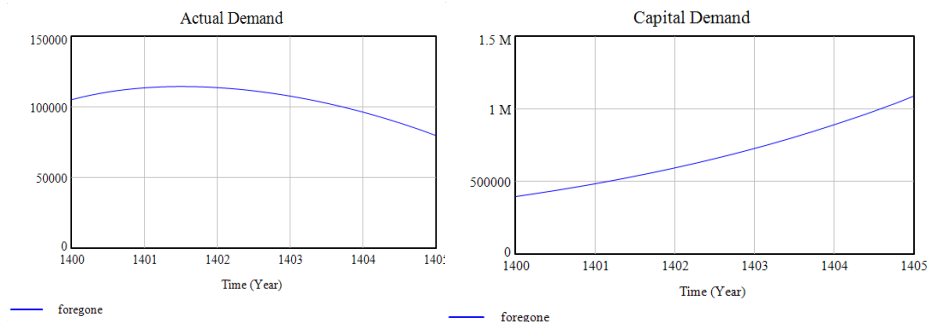
شکل ۵: متغیر قیمت واحد های ساختمانی، ۱۴۰۵-۱۴۰۰



شکل ۶: متغیر قیمت زمین، ۱۴۰۵-۱۴۰۰

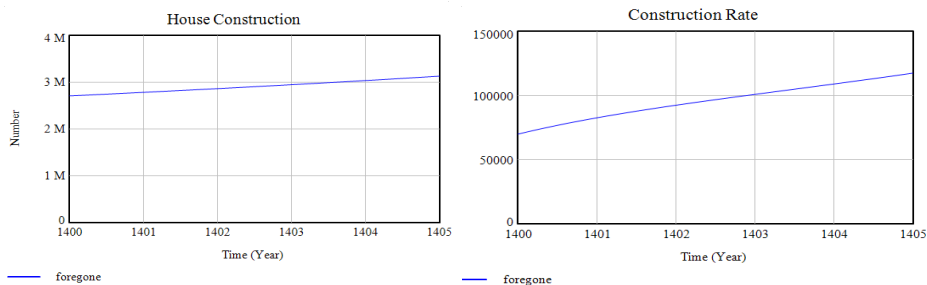


شکل ۷: متغیر تعداد واحد ساختمانی ایده‌آل، ۱۴۰۵-۱۴۰۰



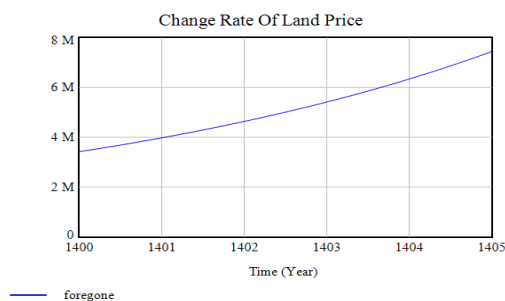
شکل ۸: متغیر میزان تقاضای واقعی  
واحدهای ساختمانی، ۱۴۰۵-۱۴۰۰

شکل ۹: متغیر میزان تقاضای واقعی سرمایه‌ای  
۱۴۰۵-۱۴۰۰



شکل ۱۰: متغیر میزان سرمایه‌گذاری و ساخت‌وساز  
سالانه، ۱۴۰۵-۱۴۰۰

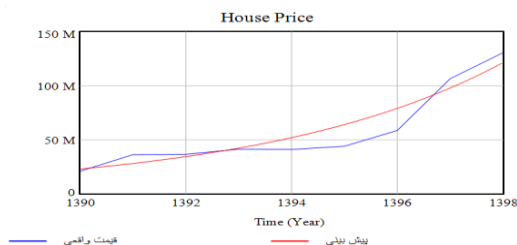
شکل ۱۱: متغیر نرخ سرمایه‌گذاری و ساخت‌وساز،  
۱۴۰۵-۱۴۰۰



شکل ۱۲: متغیر نرخ تغییر قیمت زمین، ۱۴۰۵-۱۴۰۰

## ۵-۲. اعتبارسنجی مدل

تست مدل و اعتبار آن، قابلیت اعتماد به مدل را افزایش داده و اعتماد به کاربردی بودن آن را بالا می‌برد. اعتبار ساختاری مدل بر اعتبار رفتاری آن اولویت داشته و فقط وقتی ساختار مدل معتبر باشد، می‌توان اعتبار رفتار آن را بررسی کرد. بنابراین در تحقیق حاضر، برای ارزیابی اعتبار مدل از آزمون‌های مقایسه با رفتار مرجع وضعیت بی‌نهایت (حداکثر-حداقل) و نظرسنجی از خبرگان استفاده می‌شود. در این مرحله، افزایش قیمت واقعی مسکن در طول سال‌های ۹۳ تا ۹۸ با خروجی مدل شبیه‌سازی مقایسه شده است.



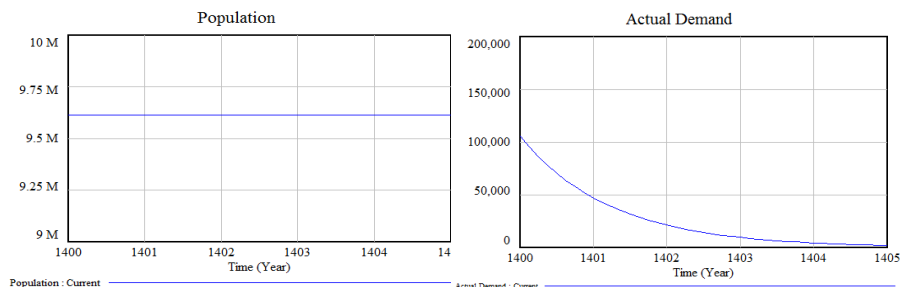
شکل ۱۳: مقایسه قیمت واقعی و قیمت پیش‌بینی شده واحدهای ساختمانی در مدل

همان‌طور که در شکل (۱۳) مشاهده می‌شود، این دو مقدار، رفتاری شبیه یکدیگر دارند. مقدار خطای مدل در مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی، به‌طور میانگین بسیار اندک شده است که بیانگر دقت بالای مدل در پیش‌بینی رفتار مرجع است. عدم انطباق روند افزایش قیمت در حدود سال‌های ۹۴ تا ۹۶ به‌علت رکود بازار املاک در آن مقطع زمانی می‌باشد، اما در مدل شبیه‌سازی رکود یا کاهش تورم مقطعی در نظر گرفته نشده، و یک روند ثابت برای این متغیرها در نظر گرفته شده است. نتایج این مدل با پژوهش‌های مشابه، توسط گودرزی و آرمان مهر (۱۳۹۷) و احمدوند و همکاران (۱۳۹۳)، مقایسه شده است و نتایج این پژوهش، تا حدود بسیار زیادی مشابه پژوهش‌های گذشته می‌باشد.

## ۵-۳. آزمون وضعیت بی‌نهایت در مدل

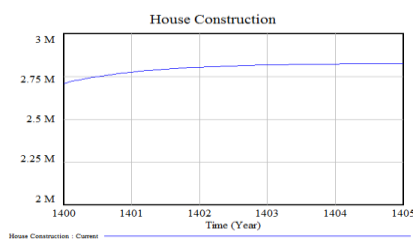
قرار دادن برخی پارامترهای اصلی در حالت حداقلی و یا حداکثری (بسیار زیاد) و تست خروجی مدل یکی از روش‌های تست مدل است تا میزان حساسیت آن در برابر این تغییرات بررسی شود. به منظور آزمون وضعیت بی‌نهایت در مدل، چند وضعیت حدی در نظر گرفته شده و نتایج ارائه شده است:

نتایج شبیه‌سازی در حالتی که متغیر جمعیت بدون تغییر است و نرخ تولد و مرگ صفر است، مطابق شکل‌های (۱۴، ۱۵ و ۱۶) ارائه شده و همان‌طور که مشاهده می‌شود، پس از مدتی، تقاضای واقعی مقدار صفر خواهد داشت و میزان خانه‌های موجود نیز به مقدار ثابتی خواهد رسید و رفتار حدی مدل مطابق با انتظار است.

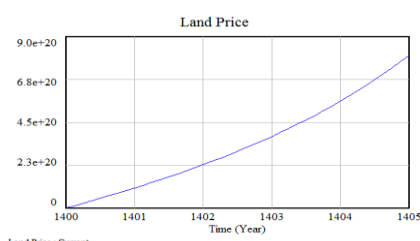


شکل ۱۴: متغیر جمعیت در آزمون حالت حدی  
(نرخ افزایش جمعیت ثابت)

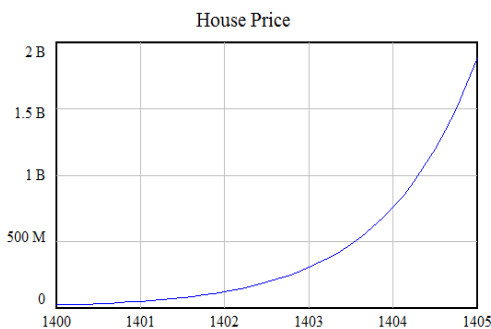
شکل ۱۵: تقاضای واقعی در آزمون حالت حدی  
(نرخ افزایش جمعیت ثابت)



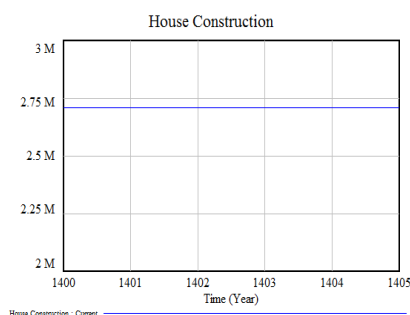
شکل ۱۶: نمودار ساخت و ساز در آزمون حالت حدی  
(نرخ افزایش جمعیت ثابت)



شکل ۱۷: قیمت زمین در آزمون حالت حدی (افزایش بسیار زیاد قیمت زمین)



شکل ۱۸: قیمت واحد ساختمانی در آزمون حالت حدی  
(افزایش بسیار زیاد قیمت زمین)

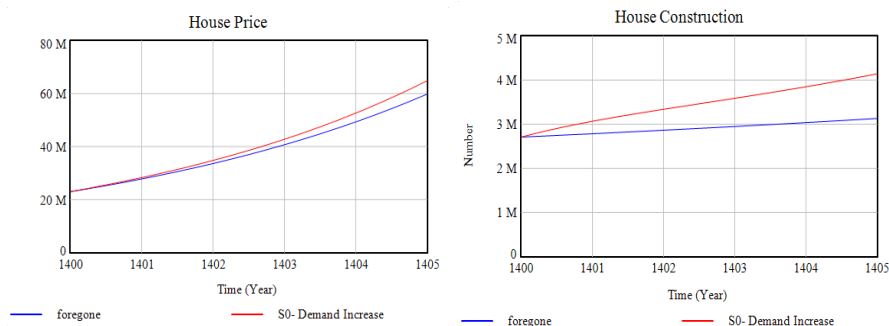


شکل ۱۹: سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز در آزمون حالت حدی  
(افزایش بسیار زیاد قیمت زمین)

نتایج شبیه‌سازی در حالتی که متغیر قیمت زمین به مقدار بسیار زیاد (حد بالا) است، مطابق شکل‌های (۱۷، ۱۸ و ۱۹)، ارائه شده و همان‌طور که مشاهده می‌شود، پس از مدتی، تقاضای واقعی مقدار صفر خواهد داشت و میزان خانه‌های موجود نیز به مقدار ثابتی خواهد رسید و رفتار حدی مدل مطابق با انتظار است. بنابراین، چون تقاضایی وجود ندارد، خانه‌ای نیز ساخته نخواهد شد.

#### ۴-۵. تحلیل حساسیت

به وسیله تحلیل حساسیت، اثر تغییرات در متغیرها بر نتایج برگرفته از مدل مشخص می‌شود. در صورت تغییر در نتایج، اطمینان از کارایی مدل به دست می‌آید. انتظار می‌رود با اندکی افزایش تقاضای واقعی و سرمایه‌ای با افزایش قیمت و افزایش ساخت و ساز و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساختمانی همراه باشد. نتایج حاصل از این تغییرات در شکل (۲۰ و ۲۱) ارائه شده است.



شکل ۲۱: تغییر متغیر قیمت واحد ساختمانی

در تحلیل حساسیت (افزایش تقاضا)

شکل ۲۰: تغییر متغیر نرخ سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز

تحلیل حساسیت (افزایش تقاضا)

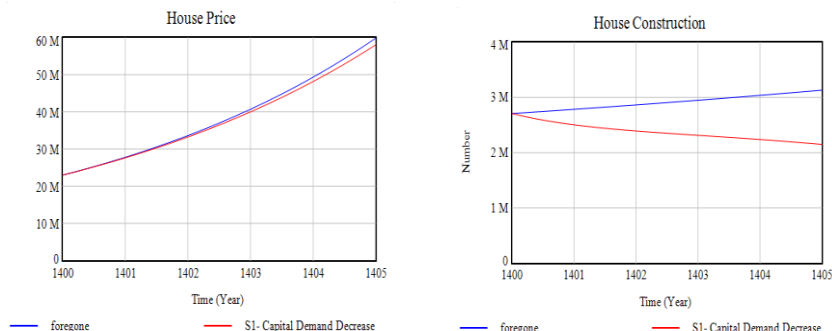
#### ۵-۵. ارزیابی سیاست و سناریوسازی

وقتی که از ساختار و رفتار مدل اطمینان حاصل شد، می‌توان برای طراحی و ارزیابی سیاست‌ها در جهت بهبود استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین توانایی‌های رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها، در نظر گرفتن سناریوهای مختلف و مقایسه نتایج این سناریوها است. در سناریو سازی، با توجه به ماهیت مسئله، تصمیم‌های مختلف اتخاذ می‌شود و با توجه به نتایج، می‌توان سیاست‌های مختلف را ارزیابی و نتایج هر یک را با دیگری مقایسه کرد. سناریو پردازی، این امکان را می‌دهد که سرمایه‌گذار بتواند شرایط آینده را در صورت تغییرات در متغیرهای اثر گذار سیستم مشاهده نماید و تصمیمات خود را طوری در نظر بگیرد که از چالش‌ها، کمترین آسیب را ببیند و از فرصت‌ها، بیشترین بهره را ببرد.

#### ۵-۵-۱. سناریوی کاهش تقاضای سرمایه‌ای

تقاضای مسکن شامل دو بخش تقاضای مصرفی و تقاضای سرمایه‌ای مسکن می‌باشد. برای کاهش تقاضای سرمایه‌ای، می‌توان ابزار وضع مالیات برای تملک خانه‌های بیش از تعداد مشخص و جذابیت بازارهای موازی مسکن، مثل بازار بورس و سهام را به کار برد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، مهم‌ترین اثرات در تمایلات سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساختمانی بر اساس متغیر قیمت و سودآوری صورت می‌پذیرد و با افزایش قیمت سرمایه‌گذاری در ساخت، افزایش می‌یابد؛ اما در طرف مقابل، افزایش قیمت، باعث افزایش تقاضای سرمایه‌ای و کاهش تقاضای واقعی که بخش اصلی تقاضا است می‌شود.

در نتیجه، ریسک کاهش قیمت و حتی عدم بازگشت سرمایه افزایش می‌یابد، بر همین اساس، با کاهش تقاضای سرمایه‌ای نتایج را بررسی می‌کنیم:



شکل ۲۲: تغییر متغیر قیمت واحد ساختمانی در سناریوی کاهش تقاضای سرمایه‌ای

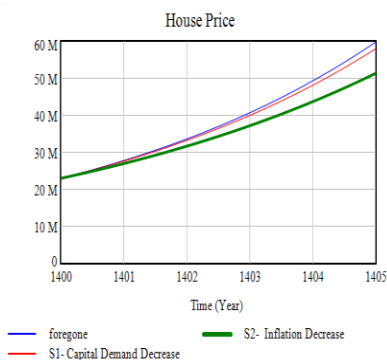
شکل ۲۲: تغییر متغیر سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز در سناریوی کاهش تقاضای سرمایه‌ای

با کنترل تقاضای سرمایه‌ای مسکن، می‌توان نوسانات تقاضای مسکن را کاهش داد که سبب کاهش قیمت مسکن می‌شود (حسن‌گودرزی و آرمان‌مهر، ۱۳۹۷). همچنین با کنترل تقاضای سرمایه‌ای مسکن و کاهش آن از طریق ایجاد مالیات بر تقاضای سرمایه‌ای مسکن، می‌توان تقاضای مسکن را کاهش داد و با کاهش تقاضای مسکن، قیمت مسکن نیز کاهش پیدا می‌کند (شیری و همکاران، ۱۳۹۹). شکل‌های (۲۲) و (۲۳) نشان می‌دهد، با کاهش تقاضای سرمایه‌ای به مقدار ۵ درصد، کاهش قیمت به مقدار کمی اتفاق می‌افتد و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساخت به‌طور محسوس کاهش می‌یابد.

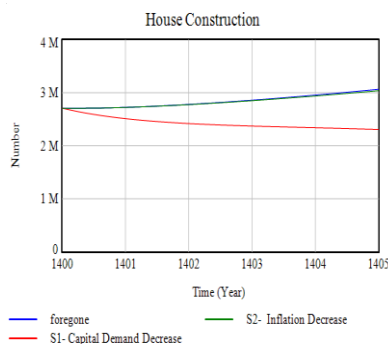
علت عدم کاهش مناسب قیمت، تورم موجود می‌باشد که بر قیمت زمین و بقیه مؤلفه‌های اثرگذار تأثیر دارد. بنابراین مشخص می‌شود، سرمایه‌گذاری مناسب با ریسک کمتر در پروژه‌های ساختمانی، منوط به وجود تقاضای متعادل واقعی و سرمایه‌ای است که در فضای اقتصادی و تورم متعادل وجود دارد. در این صورت، هم تقاضای مناسب وجود خواهد داشت و هم، روند افزایش قیمت متعادل خواهد بود. البته با توجه به اصل عرضه و تقاضا در صورت تداوم افزایش قیمت و کاهش تقاضای واقعی و به تبع آن، کاهش تقاضای سرمایه‌ای، بازار املاک دچار رکود شده و باعث کاهش قیمت و عدم موفقیت سرمایه‌گذاری‌ها خواهد شد. پس از مدتی از گذشت دوره رکود، انباشتگی تقاضا به‌وجود می‌آید و مجدداً بازار دچار شوک قیمتی شده، افزایش تقاضای سرمایه‌ای اتفاق خواهد افتاد و به همین ترتیب، مرتباً این چرخه ادامه پیدا خواهد کرد. بر همین اساس، سناریوی کاهش تورم بررسی می‌شود.

### ۵-۲. سناریوی کاهش تورم

شاخص تورم و مسکن، تقریباً همسنگ هستند؛ به طوری که با افزایش تورم، قیمت مسکن افزایش می‌یابد و بالعکس (رحیمی و نظریان، ۱۳۸۷). همان‌طور که در شکل‌های (۲۴) و (۲۵) مشاهده می‌گردد، با کاهش ۱۵ درصدی تورم، کاهش قیمت نسبتاً قابل توجهی را شاهد هستیم و نرخ سرمایه‌گذاری، کاهش بسیار اندکی داشته است. بنابراین، مهم‌ترین مؤلفه در تمایلات سرمایه‌گذاری، نرخ تورم و ثبات اقتصادی می‌باشد. نرخ تورم مناسب، باعث روند متعادل افزایش قیمت و همچنین تقاضای متعادل می‌شود و به همین دلیل، سرمایه‌گذاری با ریسک کمتر، تقاضا و سودآوری مناسب صورت می‌پذیرد. ثبات اقتصادی از تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌های کلان حاکمیت گذر می‌کند که با توجه به گستردگی موضوع در مدل شبیه‌سازی این پژوهش، قابل اعمال نمی‌باشد. اگر تصمیمات اقتصادی حاکمیتی طوری اتخاذ شود که باعث ثبات و تعادل در بازارهای مالی و کاهش تورم شود، زمینه را برای تصمیمات و تمایلات سرمایه‌گذاری فراهم می‌نماید که مزایای آن، متوجه کلیه ارکان اقتصادی و اجتماعی جامعه می‌شود. همان‌طور که در آمارهای اقتصادی مشخص است، به دلایلی که بیان شد، کشور ایران در چند سال اخیر با کاهش سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی مواجه شده است.



شکل ۲۵: تغییر متغیر قیمت واحد ساختمانی  
در سناریوی کاهش تورم



شکل ۲۴: تغییر متغیر سرمایه‌گذاری و  
ساخت و ساز در سناریوی کاهش تورم

### ۶. بحث

در این پژوهش، با نگاهی تحلیلی و چند وجهی، از جنبه‌های مختلف، موضوع سرمایه‌گذاری پروژه‌های ساختمانی مورد مطالعه قرار گرفته است، و برخلاف مطالعات گذشته که از شبیه‌سازی برای بررسی و تحلیل بازار املاک و ساختمان استفاده شده بود و صرفاً تحلیلی درخصوص جنبه خاصی از حوزه مورد مطالعه داشتند و کاربرد مشخصی در نظر گرفته نشده بود.

شاه‌آبادی و گنجی (۱۳۹۳)، بیان کردند که دولت تلاش نموده تا در قالب پروژه مسکن مهر و حذف قیمت زمین از واحدهای مسکونی، سرمایه‌گذاری در این بخش را تشدید نماید و به‌نحوی وضعیت رکود بازار مسکن را با پاسخ دادن به بخشی از تقاضاهای دهک‌های پایین درآمدی در کشور،

از بین برده و رونق نسبی را در این عرصه ایجاد نماید که نتایج این تحقیق، نشان داد که دولت نتوانسته در این راستا عملکرد مطلوبی داشته باشد؛ به‌طوری‌که نتایج شبیه‌سازی انجام شده، نشان داد، قیمت واحدهای ساختمانی و قیمت زمین کلنگی طی بازه ۵ ساله شبیه‌سازی به بیش از دو برابر مقدار فعلی خواهد رسید. همچنین نرخ تقاضای واقعی سالیانه با شیب ملایمی از حدود ۱۰۵ هزار مورد سالیانه به بیش از ۱۱۷ هزار مورد افزایش و سپس تا کمتر از ۸۴ هزار مورد کاهش پیدا می‌کند. طبق تحقیق شاه‌آبادی و گنجی (۱۳۹۳) نیز سرمایه‌گذاری صورت گرفته در بخش مسکن و ساختمان مطلوب نمی‌باشد و مازاد تقاضا در بازار مسکن وجود دارد. نرخ ساخت‌وساز نیز با حدود ۷۰ هزار واحد سالیانه، توسط سرمایه‌گذاران اقدام خواهد شد و طی بازه ۵ ساله، به مقدار ۱۱۶ هزار واحد در سال، اقدام به سرمایه‌گذاری می‌شود که این افزایش، ناشی از افزایش تقاضای سرمایه‌ای می‌باشد. قابل ذکر است که مطابق بررسی داده‌های تاریخی، تعداد زیادی از موارد سرمایه‌گذاری، چه در بخش دولتی و چه در بخش خصوصی، به سرانجام نخواهد رسید که در مدل شبیه‌سازی در نظر گرفته شده است. بر همین اساس و با در نظر گرفتن واحدهای تخریب شده جهت نوسازی و خارج شدن برخی واحدها از سرویس به علت فرسوگی، اثرگذار در تقاضا بوده، و طی ۵ سال، در نهایت بیش از ۴۰۰ هزار واحد مسکونی به کل واحدهای ساختمانی شهر تهران افزوده خواهد شد.

با انجام شبیه‌سازی و لحاظ اثرات متغیرهای مؤثر در روند افزایش قیمت و تمایل به سرمایه‌گذاری در ساخت و ساز، مشخص شد که با توجه به افزایش قیمت واحدهای ساختمانی، اقدام به سرمایه‌گذاری در ساخت در شهر تهران، افزایش می‌یابد و در پی آن، این بازخورد باعث صعود و سپس تقاضای واقعی و افزایش تقاضای سرمایه‌ای می‌شود؛ اما با تداوم این روند، تقاضای واقعی کاهش پیدا می‌کند و به تبع آن، تقاضای سرمایه‌ای نیز کاهش پیدا خواهد کرد. همان‌طور که در سناریوی کاهش تقاضای سرمایه‌ای مشاهده شد، کاهش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساختمانی اتفاق خواهد افتاد و برابر اصل عرضه و تقاضا، کاهش عرضه باعث افزایش مجدد قیمت می‌شود.

نتایج تحقیق شیری و همکاران (۱۳۹۹) نیز نشان داد، تقاضای سرمایه‌ای مسکن در طول زمان، سبب افزایش قیمت مسکن می‌شود؛ اما با ایجاد تعادل در شاخصه‌های اقتصادی مطابق سناریوی کاهش تورم، هر چه تورم کاهش یابد، تعادل بهتری در عرضه و تقاضا ایجاد خواهد شد و همین‌طور تصمیمات و تمایلات سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ساختمانی نیز با افزایش مناسب و با ریسک کمتر و سودآوری مناسب صورت می‌پذیرد. اطمینان به سودآوری مناسب در آینده سرمایه‌گذاری، ملاک اصلی تصمیم‌گیری در این حوزه می‌باشد که در این پژوهش، با ارائه مدل شبیه‌سازی حوزه سرمایه‌گذاری پروژه‌های ساختمانی، با در نظر گرفتن متغیرها و مؤلفه‌های اثرگذار در شرایط اقتصادی کشور، باعث دستیابی به تصمیمات آگاهانه‌تر نسبت به آینده سرمایه‌گذاری می‌شود.

تصمیم‌گیرندگان بر اساس گزارشات و نتایج استخراج شده از مدل شبیه‌سازی که بیانگر شرایط آتی حوزه سرمایه‌گذاری پروژه‌های ساختمانی است، به همراه مطالعه سناریوهای انجام شده، می‌توانند در صورت تغییرات در متغیرها تغییرات دیگر در سیستم را مشاهده و بررسی نموده و بر اساس

بررسی‌ها با نگرش سیستمی تصمیماتی کاملاً آگاهانه به دور از هر گونه معیار کیفی و اعمال سلیقه، اتخاذ کنند.

از قابلیت‌های مدل کلی این پژوهش، این است که حوزه مطالعاتی می‌تواند به صورت گسترده‌تر در نظر گرفته شود و مرز مدل را گسترش داده و متغیرهای دیگر را مانند سیاست‌های دولتی، شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی مختلف را در آن تأثیر داد. با گسترش مدل شبیه‌سازی و در صورت شناسایی معیارهای بیشتر، مدل این پژوهش، کارآیی بیشتری خواهد داشت.

از جمله محدودیت‌های تحقیق، می‌توان به گستردگی بحث مورد نظر اشاره کرد که و اینکه جنبه‌های مختلف این تحقیق از جمله بازخوردهای دینامیک، ابزارهای مورد استفاده، شاخص‌های مورد استفاده، فرایندهای مورد استفاده و غیره، خود یک تحقیق کامل دیگر را می‌طلبد که محدودیت زمانی را برای محقق به وجود می‌آورد. محدودیت دیگر، محدودیت در توسعه مدل پویایی سیستم و دخیل کردن عوامل خارج از محدوده مدل مانند دخالت دولت، عوامل سیاسی، تحولات اجتماعی و اثر تحریم‌ها می‌باشد که در نظر گرفتن آنها برای توسعه مدل، به محققان پیشنهاد می‌گردد. همچنین توسعه مدل در سایر بازارها و بخش‌های سرمایه‌گذاری و دخیل کردن بازارهای موازی به محققان پیشنهاد می‌شود.

#### ۷. نتیجه‌گیری

سرمایه‌گذاری در همه جوامع به عنوان یکی از محرک‌های رشد و توسعه اقتصادی مطرح می‌باشد و نه تنها در حوزه خود، بلکه با اثرگذاری بر دیگر حوزه‌های اقتصادی و اجتماعی، توسعه چند جانبه را به همراه خواهد داشت و با توجه به ابعاد چندگانه و ماهیتی پویا و وابسته به زمان آن، با ابهامات متعدد همراه است. از این رو، ارزیابی معمولی آن، نمی‌تواند جنبه‌های مختلف فضای سرمایه‌گذاری را در طول زمان نشان دهد و در شرایط عدم ثبات شاخصه‌های اقتصادی، احتمالات مخاطرات مالی جبران ناپذیر در سرمایه‌گذاری از جمله در بخش ساختمان و مسکن نیز افزایش می‌یابد.

در این پژوهش، تحلیل حوزه سرمایه‌گذاری ساختمانی با استفاده از روش شبیه‌سازی پویایی سیستم ارائه شده است. یافته‌ها نشان داد، مدل ارائه شده به منظور ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در حوزه ساختمانی کاربرد داشته، و دامنه وسیعی از متغیرها را دربر گرفته است. نتایج، می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبان از تصمیم، روند دستیابی به تصمیم برتر، برای انتخاب پروژه سرمایه‌گذاری مناسب را مورد حمایت قرار دهد.

#### تعارض منافع

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

#### مشارکت نویسندگان

مجید معتمدی (نویسنده اول) (۵۰ درصد) و محمدحسین درویش متولی (نویسنده دوم-نویسنده مسئول) (۵۰ درصد).

## References

- Ahmady, S.V., Abbassi, E., & Mohseni, R. (2020). A review of the impact of monetary policy shocks and asset markets' behavior on affordability of urban housing prices in Iran. *Qjerp.*, 28(95), 271-305. [In Persian]
- Ahmadvand, A. M., Khodadadi Abyazani, H., & Mohammadiani, Z. (2014). An analysis of housing market in Tehran Province using system dynamics. *Industrial Management Journal*, 6(4), 665-683. [In Persian]  
doi: 10.22059/imj.2014.52449.
- Atefi, Y., Minooei, F., & Dargahi, R. (2010). Housing affordability: A study of real estate market in Iran. In Proceedings of the 28<sup>th</sup>. *International Conference of System Dynamics Society*. [In Persian]
- Cooper, R.G., Edgett S.J., & Kleinschmidt, E.J. (1998). *Best Practices for Managing R&D Portfolios*. Research Technology Management, Jul-Aug, pp. 20-33.
- Che, J. (2005). Modeling Shanghai real estate market: Dynamic insight into the sustaining house price growth. It's online at:  
<http://www.systemdynamics.org>.
- Cooper, R.G., Edgett, S.J., & Kleinschmidt, E.J. (2001). Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. *R&D Manag*, 31 (4), 361-380.
- Dehgan Tezerjani, H., Ramazani khorshid doost, R. ., Khajezadeh Dezfoli, M. . (2021). Investigating Iran Housing Market Cycles and Possible Scenarios in Short-Term and Midterm Horizon Using the System Dynamics. *International Journal of Innovation in Engineering*, 1(1), 120–133.
- Daneshpour, S. A., & Hosseini, S. (2012). Place of physical factors in the reduction of housing prices, *Journal of Specialized of Architecture & Urbanism*, 5(9), 61-71. [In Persian]
- Farahzadi, M. (2019). Evaluation of housing and building indices in censuses from 1365 to 1395. *Iranian Journal of Official Statistics Studies*. 29(2), 151-163. [In Persian]
- Faizi, K., & moghadasi, A. (2005). Implications of decision support systems in decision making of managers. *Management Studies in Development and Evolution*, 12(45), 139-161. [In Persian]
- Farid Wand, E. (2017). Investment in urban projects. *Economic Journal (Bimonthly Review of Economic Issues and Policies)*, 18 (9-10), 133-147. <http://ejip.ir/article-1-1067-fa.html> [In Persian]
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. The MIT Press & John Wiley & Sons. Inc.
- GhafelehBashi, H. (2009). System dynamics model of housing market. *Thesis: University of Science and Technology*. Tehran. [In Persian]
- Gholizadeh, A., & Samadipoour S. (2024). Behavioral and non-behavioral factors affecting housing prices and inflation in Iran. *QJER*, 24(3) :123-145. [In Persian]

- Hu, Y. (2003). Study of system dynamics for urban housing development in Hong Kong. *Dissertation*. The Hong Kong Polytechnic University. Hong Kong.
- Hwang, S., Park, M., Lee, H.-S., Lee, S., & Kim, H. (2013). Dynamic feasibility analysis of the housing supply strategies in a recession: Korean housing market. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(2): 148-160.
- Ho, Y. F., Wang, H. L., & Liu, C. C. (2010). Dynamics model of housing market surveillance system for Taichung city. In Proceeding of the 28<sup>th</sup>. *International Conference of the System Dynamics Society*, Korean System Dynamics Society, Seoul, Korea, ISBN: 978-1.
- HasanGoodarzi, S., & Armanmehr, M. (2019). Market analysis and forecasting of housing prices in Tehran. *Journal of Iranian Economic Issues*, 5(2), 79-103. [In Persian]
- Izadkhasti, H., Arabmazar, A., & Ahmadi, K. (2019). Analysis the Effects of Macroeconomic Factors on the Housing Accessibility Index in Urban Areas of Iran: Emphasizing the Role of Government. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 8(29), 41-71. doi: 10.22084/aes.2019.17744.2761. [In Persian]
- Karimi, S. (2018). Developing a fuzzy Topsis decision-making model to select the optimal place to buy real estate in Tehran from an investor's point of view. *Journal of Engineering & Construction Management*, 2(4), 43-53. [In Persian]
- Li, X. (2022). Evolutionary game analysis of green building development dynamic system under government regulation: From the perspective of the contractor. *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2022 .
- Meredith, J.R., & Mantel Jr., S.J. (2008). *Project Management: A Managerial Approach*. 7<sup>th</sup>. edition. John Wiley & Sons, Inc., EUA.
- Mousavi, M.H. & Doroodian, H. (2016). Analyzing the determinants of housing prices in Tehran city. *Quarterly Journal of Economic Modelling*, 9(31), 103-127. [In Persian]
- Mohammadi, M. M. Mohammad Alipour, N. & Alirezaei, A. (2024). Providing an optimal model of the impact of contractors' claims in three-factor construction projects with a system dynamics approach. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 15(5), 261-276.
- Mousavi, M.H. Drodian, H. (2014). Analysis of factors affecting housing prices in Tehran. *Quarterly Journal of Economic Modeling*. 9(31), 103-127. [In Persian]
- Mohammadi Bulblan Abad, S., & Iranmanesh, M. (2008). Project portfolio selection and management using the fuzzy hierarchical analysis process. *Journal of Industrial Management*, 4th. 7. [In Persian]
- Mahmoudi, S. M. (1402), *Amaiesh Sarzameen*, Tehran University Press.
- Naji Maidani, A.A., Fallahi, M.A., & Zabihi, M. (1389). Investigating the dynamic impact of macroeconomic factors on housing price fluctuations in Iran (1369 to 1386). *Journal of Knowledge and Development*. 17(31), 158-184. [In Persian]

- Nikoakbal, A. A., Gandali Alikhani, N., & Naderi, I. (2013). Evaluation of static and dynamic artificial neural network models in stock price forecasting. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 7, 2 (22), 77-91. [In Persian]
- Parang, S., Dehghan Shabani, Z., Hadian, E., & Asgary A. (2024). Tax on vacant houses and housing price bubble in Shiraz. *QJER*, 24(4) :271-300. [In Persian]
- Rahimi, M. Nazarian, A. (1387). Effective factors in the management and construction of urban housing. *Territory*, 5(1(17)), 27-44. [In Persian]
- Soltani, Gh. (1383). Determining the rate of return on investment in the agricultural sector. *Agricultural Economics and Development*. 12, 45. [In Persian]
- Shakouri Asl, S., & Rafieian, M. (2016). Application of spatial decision support systems in urban planning. *Hoviat Shahr*, 9(24), 35-42. [In Persian]
- Shabanpoor, Z., Shokrgozar, A., jafarit & Mehrabi, M. (2019). Factors Affecting the Prices of Housing: A Case Study of Rasht. *Quarterly Journal of Environmental-based Territorial Planning*, 12(46): 63-82.
- Skartveit, H. L., Goodnow, K., & Viste, M. (2007). Visualized system dynamics models as information and planning tools. In *Informing Science+ IT Education Conference Proceedings*, 1113-1128.
- Shakuri asl, Sh., & Rafiyan, M. (2014). Application of spatial decision support systems in urban planning. *Hoviat Shahr*. 9(24), 35-42. [In Persian]
- Shabanpur, Z., Shokr Gozar, A., & Jafari Mehrabadi, M. (2018). Investigating factors affecting housing prices (Case study: Rasht city). *Quarterly Journal of Environmental-based Territorial Planning*. 12(46), 63-82. [In Persian]
- Shiri, B. Tabatabai, S. A., & Gorjizadeh, D. (2019). Modeling the pricing of residential apartments in Tehran using a dynamic system. *Scientific Journal of New Research Approaches in Management and Accounting*, 4(15), 120-142. [In Persian]
- Timuri, I., & Mazrae Farahani, M. (2014). An introduction to economic and social systems modeling, Tehran: Iran University of Science and Technology. [In Persian]
- Tupenaite, L. Kanapeckiene, L., & Naimaviciene, J. (2017). Determinants of Housing Market Fluctuations: Case study of Lithuania. *Procedia Engineering*, 172, 1169-1175.
- Wang, Y., & Jiang, Y. (2016). An empirical analysis of factors affecting the housing price in Shanghai. *Asian Journal of Economic Modelling*, 4(2), 104-111.
- Yousefi Roodsari, S. (2022). Using System Dynamics for Simulation and Optimization of an Investment Decision System Under Uncertainty. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6, 367-381.

## Designing a Dynamic Model for Evaluating Construction Investment Projects A System Dynamics Approach

Majid Motamedi<sup>1</sup>

Mohammad Hossein Darvish Motevalliz<sup>2</sup>

Received: 2024/4/6

Accepted: 2024/5/12

### Aim and Introduction

The construction sector is one of the macroeconomic sectors that attracts a large amount of the country's liquidity every year. Investment in this sector is of paramount importance. Not taking into account the conditions of the investment field, possible events and influencing factors, actions and reactions of the market and society, when choosing construction projects, causes investors to have problems in reaching their goals. System dynamics is one of the most effective tools that provides the possibility to recognize and understand the laws governing the change processes of complex systems. Researches show that in Iran, especially in Tehran, the building and above all the housing as an economic commodity has characteristics that distinguish it from other commodities and complicate the analysis of supply and demand and market slow down. Therefore, the decision to invest in the construction sector can be considered a dynamic decision that various and different factors and variables are effective in this process. In this research, the dynamic simulation methodology of the system of investment in construction projects in Tehran has been analyzed and investigated which can be used as a support system for model-based decision.

### Methodology

In terms of purpose, this research is exploratory and can be considered among applied research. The statistical population of the research includes experts who work in the field of building investment. To collect information, the library method and documents of investment companies in the field of construction have been used. The basic analytical method in this research is simulation using system dynamics methodology. Vansim software was used to model system dynamics.

### Findings

The increase in real housing prices over the past years has been compared with the output of the simulation model. The results showed that these two values behave similar to each other. The error value of the model in the predicted value and the actual value is very small on average, which indicates the high accuracy of the model in predicting the behavior of the reference. The results of the simulation in the case where the population variable is unchanged and the birth and death rates are zero showed that after some time, the real demand will be zero

---

1. Assistant Professor, Department of Industrial Management, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran. E-mail: Moatamedi.m@gmail.com

2. Assistant Professor, Department of Industrial Management, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author) E-mail: mhd.darvish@gmail.com

and the number of available houses will reach a constant value, and the limit behavior of the model is as expected. The simulation results showed that in the case where the land price variable is very high, after some time, the real demand will be zero and the number of available houses will reach a constant value, and the limit behavior of the model is as expected. Therefore, since there is no demand, no houses will be built as a result. Based on the results of the simulation, the most important effects on investment tendencies in construction projects are based on price and profitability variables. With an increase in price, investment in construction increases, but on the other hand, an increase in price will result into increased capital demand. By reducing the capital demand to 5%, the price will decrease to a small amount and the investment in the construction projects will be significantly reduced. The reason for not reducing the price properly is the current inflation, which affects the price of land and other influencing factors. Based on this, the inflation reduction scenario was investigated. With a 15% decrease in inflation, we have seen a relatively significant price decrease and the investment rate has decreased very little. Therefore, the most important component in investment tendencies is the inflation rate and economic stability, the appropriate inflation rate causes a balanced process of price increase and balanced demand, and for this reason, investment is made with less risk, demand and proper profitability.

### **Discussion and Conclusion**

In this research, various aspects of investment in construction projects have been studied with an analytical and multifaceted view. The simulation results showed that the price of building units and the price of land or old property will reach more than double the current value during the 5-year period of simulation. The annual real demand rate increases with a gentle slope from about 105 thousand cases to more than 117 thousand cases and then decreases to less than 84 thousand cases. The construction rate will be about 70 thousand units per year by the investors, and 116 thousand units per year will be invested during the 5-year period, which is due to the increase in capital demand. Based on this and taking into consideration the units demolished for renovation and some units removed from the service due to the exhaustion of the effector in demand and available within 5 years, in the end more than 400 thousand residential units will be added to the total construction units of the city. Based on the results and reports extracted from the simulation model, which shows the future conditions of the investment field of construction projects, along with the study of the performed scenarios, the decision makers can observe and check other changes in the system in case of changes in the variables. Eventually, fully informed decisions are recommended to be made based on investigations with a systemic approach.

**Keywords:** Investment, Construction Project, Simulation, Dynamic System

**JEL Classification:** C13, F21, D24, E23