

## **Simulating the Linguistic Variables Interactions in Capital Market Development Process Using Fuzzy Inference System in a System Dynamic Context**

**Ali Mohammadi<sup>۱</sup>, Alinaghi Mosleh Shirazi<sup>۲</sup>, Abbas Abbasi<sup>۳</sup>,  
Saeed Akhlaghpour<sup>۴</sup>**

### **Abstract**

This research aims at simulating the interactions of linguistic variables affecting market capitalization of capital market. In this regard, the dynamic model of the research has been designed by using a system dynamics approach and, in order to reflect investor's mentality, the fuzzy inference system has been merged with system dynamics methodology. In this framework, the fuzzy membership functions of variables such as Market Efficiency, Market Manipulation, Investor's Knowledge and Culture, Market Trust, and Investor's Sentiment has been defined and Using Vensim DSS to simulate the scenarios, the validity of the model has been tested under systemic and statistical tests. This research is an applied study with an exploratory mixed method framework in line with ۱۴۰۴ Vision. The results show that Simultaneous change in endogenous variables, results in faster and greater change in market capitalization than distinct change in each of this variables. Changing the Market Efficiency, Investor's Knowledge and Culture, and Market Manipulation in the demanded way will increase the market capitalization by ۷۷% in the comparison with base run simulation values. The results of sensitivity analysis shows that market capitalization is more sensitive to simultaneous change of endogenous variables than the distinct changes of each of these variables.

**Keywords:** Fuzzy inference system, System dynamics, Linguistic variables, Capital market.

**JEL:** E۴۴ .E۴۷ .G۱۷ .G۴۱

---

<sup>۱</sup> . Professor, Department of Management, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University. Email: amohamadi۱@gmail.com

<sup>۲</sup> . Professor, Department of Management, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University. Email: an\_mosleh@yahoo.com

<sup>۳</sup> . Associate Professor of Management, School of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University. Email: aabbasi@shirazu.ac.ir

<sup>۴</sup> . PhD Student of Management, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Corresponding Author, Email: s.akhlaghpour@gmail.com

## شبیه‌سازی تعاملات متغیرهای زبانی در فرآیند توسعه بازار سرمایه با بهره‌گیری

### از سیستم استنتاج فازی و رویکرد پویایی‌شناسی سیستم<sup>۱</sup>

علی محمدی<sup>۱</sup>، علی نقی مصلح شیرازی<sup>۲</sup>، عباس عباسی<sup>۳</sup>، سعید اخلاق‌پور<sup>۴</sup>

#### چکیده

در بهره‌گیری از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به منظور الگوسازی پدیده‌های اجتماعی و اقتصادی، به دلیل تأثیر عمیق عامل انسانی و تصمیم‌گیری وی در این قبیل پدیده‌ها، قطعیت موجود در نگاه کلاسیک و مدرن کم‌رنگ شده و نیاز به نگاهی منعطف‌تر نسبت به این پدیده‌ها ضروری می‌نماید. هدف از پژوهش حاضر، شبیه‌سازی تعاملات متغیرهای زبانی مؤثر بر ارزش بازار سرمایه با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم هست. در این راستا، به منظور منعکس نمودن شیوه تفکر ذهنی سرمایه‌گذاران، از سیستم استنتاج فازی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است. الگوی پیشنهادی پژوهش با نرم‌افزار Vensim DSS شبیه‌سازی و اعتبار آن با استفاده از آزمون‌های آماری و دستگامی موردسنجش قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی سناریوها نشان می‌دهد که تغییرات هم‌زمان متغیرهای درون‌زای بازار سرمایه نسبت به تغییرات منفرد هر یک از متغیرها، با تأخیر زمانی کمتر و به مقدار به‌مراتب بیشتری بر متغیر ارزش بازار سرمایه اثرگذار است. تأثیر تغییرات مطلوب متغیرهای کارایی بازار سرمایه، دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری و مداخلات بازار سرمایه، باعث افزایش ۷۷ درصدی ارزش بازار سرمایه در افق ۱۴۰۴ نسبت به شبیه‌سازی پایه می‌شود. همچنین نتایج شبیه‌سازی تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که ارزش بازار سرمایه نسبت به تغییرات منفرد متغیرهای زبانی در مقایسه با تغییرات هم‌زمان آن‌ها، حساسیت کمتری از خود نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** سیستم استنتاج فازی، پویایی‌شناسی سیستم، متغیرهای زبانی، بازار سرمایه

طبقه‌بندی موضوعی: E44، E47، G17، G41

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2019.21647.1755

۲. استاد گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، Email: amohamadi11@gmail.com

۳. استاد گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، Email: an\_mosleh@yahoo.com

۴. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، Email: aabbasi@shirazu.ac.ir

۵. دانشجوی دکتری مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، نویسنده مسئول،

Email: s.akhlaghpoor@gmail.com

#### مقدمه

دستگاه‌های پیچیده که درجات مختلفی از فازی بودن و ابهام را در زوایای خود مستتر دارند، مدل‌سازان را با چالش‌های زیادی مواجه می‌سازند. مدل‌های کلاسیک کنترل متغیرها، در این زمینه تنها به زوایای ریاضی مدل‌سازی توجه دارند و وقایع و رخدادها را با به کارگیری انواع معادلاتی که می‌بایست به صورت ریاضی حل شوند ساده‌سازی می‌نمایند (بوزادزیو<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). در این روش، داده‌های مبهم و متغیرهای زبانی<sup>۲</sup> جایی در مدل‌سازی ندارند. استفاده از این مدل‌ها این سؤال را به ذهن متبادر می‌سازد که تا چه حد مدل‌سازی با واقعیت منطبق است.

علم مدیریت فازی با استفاده از تئوری دستگاه‌های فازی می‌تواند رویکردی نوین در راستای پاسخ به ابهامات مطرح‌شده در مدل‌سازی دستگاه‌های مدیریتی باشد. تئوری دستگاه‌های فازی می‌تواند با به کارگیری تئوری منطق فازی<sup>۳</sup> و اندازه‌های فازی<sup>۴</sup>، پارامترهایی از قبیل دانش، تجربه، قضاوت و تصمیم‌گیری انسان را وارد مدل نموده و ضمن ایجاد انعطاف‌پذیری لازم در مدل، تصویری خاکستری از جهان خاکستری را ارائه نماید. از این‌رو نتایج مدل‌سازی به دلیل لحاظ نمودن شرایط واقعی در مدل، دقیق‌تر و کاربردی‌تر خواهد بود (آذر و فرجی، ۱۳۸۷). با به کارگیری تئوری دستگاه‌های فازی، روش‌های علم مدیریت کلاسیک به محیط فازی گسترش می‌یابند و می‌توان از آن در دستگاه‌های متعدد مدیریتی از جمله تصمیم‌گیری، سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و مدل‌سازی استفاده نمود. این موضوع به‌ویژه در مدل‌سازی دستگاه‌های اقتصادی-اجتماعی که شامل متغیرهای روان‌شناختی نیز می‌باشند، بیشتر حائز اهمیت است.

یکی از دستگاه‌های اقتصادی-اجتماعی که به دلیل وجود متغیرهای زبانی از اهمیت زیادی در حوزه چنین مدل‌سازی‌هایی برخوردار است، بازار بورس اوراق بهادار است. بازارهای مالی به‌ویژه بازار سرمایه از مهم‌ترین ابزارهای تجهیز و تخصیص منابع مالی به شمار می‌روند. توسعه بازارهای مالی در دستیابی به رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی، نقش اساسی ایفا می‌کند. بازارهای مالی توسعه‌یافته‌تر به معنی ثبات درازمدت نظام مالی و اتکا و اعتماد مردم به اجزای تشکیل‌دهنده این نظام است.

1 . Bojadziej

2 . Linguistic Variables

3 . Fuzzy Logic Theory

4 . Fuzzy Measure Theory

نظر به اهمیت راهبردی مالی و اقتصادی بازار سرمایه، هرگاه اخلاص و انحراف گسترده‌ای در آن رخ دهد تجهیز و تخصیص منابع مالی کشور با مشکل جدی مواجه می‌شود (عباسی، ۱۳۸۴). با توجه به اینکه یکی از عوامل تأثیرگذار بر توسعه در این بازار، شفافیت است، از مواردی که می‌تواند این اخلاص را به وجود آورد، عدم دسترسی همه مشارکت‌کنندگان بازار به اطلاعات شفاف است. هر قدر نشر اطلاعات در جوامع بیشتر باشد، امکان گرفتن تصمیم‌های آگاهانه و پاسخگویی بخش خصوصی دولتی در مورد چگونگی تحصیل و مصرف منابع بیشتر می‌شود و امکان رشد فساد کاهش می‌یابد (امینی و همکاران، ۱۳۹۱). یکی از نقش‌های سازمان بورس این است که زمینه لازم برای سرمایه‌گذاران را جهت کسب اطلاعات موردنیازشان فراهم کند. چنانچه این زمینه فراهم نشود به دلیل عدم تقارن اطلاعات، گروهی نسبت به گروه دیگر مزیت اطلاعاتی کسب کرده و به سودهای غیرمتعارف دست می‌یابند. در مقابل هرچه بازار کارا تر باشد و تقارن اطلاعات بیشتر باشد امنیت بازار بیشتر بوده و با هدایت سرمایه‌گذاری‌ها به سمت تولید می‌توان به رشد اقتصادی بالاتری دست یافت (سلیمی فر و شیرزور، ۱۳۸۹). در صورت کارا بودن بورس، هم قیمت اوراق بهادار به‌درستی و عادلانه تعیین می‌شود و هم تخصیص سرمایه که مهم‌ترین عامل تولید و توسعه اقتصادی است به‌صورت مطلوب و بهینه انجام می‌شود (اله یاری، ۱۳۸۷). از سوی دیگر طرز تفکر ایده آل در بازار این است که عرضه‌کنندگان و متقاضیان وجوه، شرایط مداخله و دست‌کاری در بازار سرمایه را نداشته باشند. وجود قوانین و مقررات جامع و پیاده‌سازی صحیح آن می‌تواند بستری برای وقوع این شرایط باشد. بازار سرمایه همواره می‌تواند بستر مناسبی جهت تباری، اشاعه اخبار و اطلاعات کذب، دست‌کاری قیمت و انجام معامله‌ها بر اساس اطلاعات داخلی باشد، اما افزایش آگاهی عمومی و قوانین و مقررات بازدارنده در این خصوص، زمینه را برای افزایش درجه‌های شفافیت بازار سرمایه فراهم می‌آورد (عباسی و دیگران، ۱۳۸۸)

پیامدهای وقوع شرایط مطلوب در حوزه هر یک از موارد فوق‌الذکر را می‌توان افزایش شفافیت بازار مالی و ثبات آن، کاهش بروز بحران‌های مالی، افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران و ورود بیشتر آن‌ها به بازار، افزایش نقدینگی بازار و افزایش امکان تأمین مالی برای شرکت‌ها و در نتیجه افزایش کارایی بازار برشمرد. شفافیت بازار سرمایه، مداخلات بازار سرمایه، کارایی بازار سرمایه، اعتماد سرمایه‌گذاران به بازار سرمایه، دانش و فرهنگ عمومی، تمایل سرمایه‌گذاری به بازار سرمایه و مواردی از این دست، متغیرهایی را شامل می‌شود که همگی بر فرآیند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران جهت ورود به بازار سرمایه اثرگذارند. از طرفی مدل‌سازی چنین متغیرهایی در راستای بررسی نحوه

تأثیر آن بر بازار سرمایه، مستلزم به کارگیری روشی است که نحوه تصمیم‌گیری افراد در مورد متغیرهای زبانی را فراهم آورد. از این رو پژوهش حاضر، در پی استفاده از فرآیند استنتاج فازی و ادغام آن در روش پویایی‌شناسی سیستم، جهت مدل‌سازی چنین متغیرهایی در حوزه بازار سرمایه است. بر این اساس می‌توان با بهره‌گیری از رویکردی جهت مدل‌سازی پیچیدگی و پویایی‌های سیستم، فرآیند تأثیرگذاری موارد مذکور را بر توسعه بازار سرمایه مورد بررسی قرار داد.

### مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

عموماً در الگوسازی موضوعات اجتماعی و اقتصادی، جایی که رفتار و تصمیمات انسان جزئی اصلی از الگو باشد، مقادیر دارای ابهام و واژگان و عبارات زبانی و متغیرهای فازی به جای مقادیر غیر فازی به کار گرفته می‌شوند. منطقی افراد بر مبنای متغیرهای زبانی و مقادیر آن‌ها نظیر بدتر، غیر قابل قبول، بهتر، کم، متوسط و مفاهیمی از این دست است. متغیرهای زبانی و مقادیر آن‌ها می‌تواند از طریق مجموعه‌های فازی مدل‌سازی شده و رابطه بین آن‌ها از طریق عملیات فازی تبیین گردد (اوسنیک و تورسنیک<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳). به‌طور کلی مشخصه‌های روش‌شناسی فازی را در مدل‌سازی‌های مدیریتی می‌توان به صورت زیر بیان نمود (آذر و فرجی، ۱۳۸۷):

۱- ضرایب و شرایط واقعی محدودیت‌ها که به صورت شهودی توسط مدل‌ساز تعیین می‌گردد را به آسانی می‌توان به وسیله توابع عضویت نشان داد.

۲- شرایط حاکم بر سیستم که به زبان طبیعی متخصصان تعیین می‌گردد و ممکن است از متغیرهای زبانی مانند قیود کم، خیلی کم، تقریباً و... تشکیل شود را می‌توان با استفاده از استنتاج فازی وارد مدل نمود.

۳- در روش‌شناسی فازی جواب‌های یک مسئله به عدد محدود نمی‌شود و می‌توان چند پاسخ محتمل را در نظر گرفت.

از سوی دیگر زمانی که الگوی پویایی‌شناسی سیستم دارای یکی از شرایط زیر باشد، می‌توان با استفاده از منطق فازی در الگوسازی، به غنای مدل طراحی شده افزود (یوسفی<sup>۲</sup> و دیگران، ۲۰۱۱):

- برخی از متغیرهای حالت یا جریان یا سایر متغیرها فازی باشند.
- در عامل زمان ابهام وجود داشته باشد.

1 . Usenik & Tursnek  
2 . Yousefi

- برخی از روابط میان متغیرها را بتوان با عبارات شرطی شامل متغیرهای فازی جایگزین نمود.
- درجه عدم قطعیت متغیرها قابل بیان با احتمالات فازی باشد، به بیان دیگر زمانی که اطلاعات در دست مبهم یا ناقص هستند.
- برخی عملگرها فازی باشند.

### رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

مفهوم پویایی‌شناسی دستگاه‌ها برای اولین بار توسط فارستر<sup>۱</sup> در اواسط دهه ۱۹۵۰ مطرح شد و به سرعت طی شش دهه اخیر رشد کرده است. فارستر معتقد است که هر سیستم پویا که در طول زمان دگرگون می‌شود یک ساختار سلسله‌مراتبی دارد و می‌توان برای هر تحول پویایی در پدیده‌های گوناگون چنین ساختاری را ارائه نمود، اعم از اینکه سیستم پویا در زمینه مهندسی، اقتصاد، مدیریت و ... باشد. با استفاده از الگوی ارائه‌شده توسط این نظریه می‌توان علت پویایی سیستم را توضیح داد. در واقع با استفاده از ساختار سلسله‌مراتبی مزبور می‌توان چگونگی رفتار هر پدیده‌ای را تعیین نمود. این ساختار سلسله‌مراتبی دارای چهار رکن است. محدوده بسته (مرز سیستم)، حلقه‌های بازخور، متغیرهای سطح و حالت، و متغیرهای نرخ.

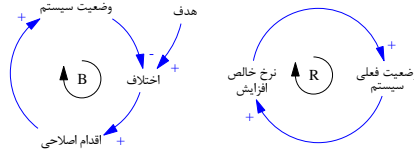
پویایی‌شناسی سیستم رویکردی است جهت کشف رفتار دینامیکی غیرخطی و مطالعه چگونگی تأثیر ساختارها و پارامترهای سیستم بر الگوهای رفتاری سیستم (مشایخی و زنگویی نژاد، ۱۳۹۳). برخلاف رویکردهای سنتی که بر روابط علت- معلولی خطی تأکید دارند، این رویکرد بر بازخورد بین متغیرهای سیستم متمرکز است. این تمرکز موجب می‌شود تا نگرشی جامع از دنیای واقعی ایجاد گردد و پویایی پیچیده درون سیستم نمایان گردد. پویایی‌شناسی سیستم شامل ابزارهای مختلفی است که در مشخص کردن مرز مدل و نمایش ساختار علی آن مفید می‌باشند. نمودارهای علی- حلقوی<sup>۲</sup> و نقشه‌های حالت و جریان<sup>۳</sup> دو مورد از این ابزارها هستند. نمودارهای علی- حلقوی ابزارهای انعطاف‌پذیری برای ترسیم ساختار بازخوردی دستگاه‌ها و چگونگی ارتباط متغیرها می‌باشند. نمودارهای مذکور، نگاشت‌هایی می‌باشند که روابط علی و معلولی بین متغیرها را با فلش‌هایی از علت به معلول نشان می‌دهند. حلقه‌های علی و معلولی می‌توانند مثبت یا منفی باشند. حلقه‌های منفی

1 . Forrester

2 . Casual Loop Diagrams (CLD)

3 . Stock and Flow Diagrams

رفتار هدف‌جو را در سیستم نشان می‌دهند که سعی دارند سیستم را به حالت تعادل برسانند، در حالی که حلقه‌های مثبت، حلقه‌های تقویتی بوده و رفتار رشد نمایی<sup>۱</sup> و یا تنزل نمایی<sup>۲</sup> را موجب می‌شوند.



نمودارهای حالت و جریان بر ساختار فیزیکی به وجود آورنده بازخوردهای موجود در نمودارهای علی تأکید دارند. متغیرهای حالت و جریان انباشتگی مواد، پول و اطلاعات را در طول سیستم ردیابی می‌نمایند. متغیرهای حالت وضعیت سیستم را مشخص می‌کنند و بر اساس آن اطلاعاتی تولید می‌نمایند که تصمیم‌ها بر پایه آن قرار دارد. سپس تصمیم‌ها با تغییر متغیرهای حالت و بستن حلقه‌های بازخوردی سیستم، نرخ متغیرهای جریان را تغییر می‌دهند (استرمن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰).



### فرآیند استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی فرایند نگاشت غیرخطی بردارهای ورودی غیر فازی به یک خروجی غیر فازی بر اساس قانون‌های فازی است (اوسنیک و تورسنیک، ۲۰۱۳). منطق فازی با به کارگیری مجموعه‌های فازی، پدیده‌های پیچیده و مبهم را وارد مدل می‌نماید. به کارگیری مجموعه‌های فازی و منطق فازی در مسائل این چینی، رشته‌ای از دانش فازی به نام "مدل کنترلی منطق فازی (FLC<sup>۴</sup>)" را ایجاد نموده است که در شرایط مبهم و پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. FLC با تقلید قضاوت انسانی در مواجهه با مسائل، مقادیر زبانی<sup>۵</sup> را در قواعد "اگر ... آنگاه" به کار می‌بندد. نکته مهم در استفاده از این مدل، استفاده از دانش و تجارب متخصصان رشته مدنظر است (بوزادزیو، ۲۰۰۷).

- 1 . Exponential Growth
- 2 . Exponential Decay
- 3 . Sterman
- 4 . Fuzzy Logic Control
- 5 . Linguistic Variables

بر اساس مدل کنترلی، سیستم استنتاج فازی فرآیند نگاشت غیرخطی بردار ورودی غیر فازی  $X^T = \{x^1, x^2, \dots, x^n\}$  به یک خروجی غیر فازی  $Z^T = \{z^1, z^2, \dots, z^n\}$  بر اساس قانون‌های فازی است (راس، ۲۰۰۷).

### - فازی سازی

فازی سازی در واقع انعکاس درک پژوهشگر از موارد مشاهده شده است. در این مرحله بردار متغیرهای غیر فازی ورودی به بردار متغیرهای زبانی متناظر می‌شود. در این مرحله مجموعه‌های فازی، برای تمامی متغیرهای فازی (ورودی و خروجی) و نیز توابع عضویت آن‌ها مشخص می‌شود (اوسنیک، ۲۰۱۲). برای هر یک از اجزاء بردار ورودی  $X^T$ ، یک متغیر زبانی (مجموعه فازی) به صورت  $x^i \rightarrow A^i, i=1, 2, \dots, n$  با ارزش‌های زبانی  $A^i = \{A_1^i, A_2^i, \dots, A_n^i\}$  وجود دارد. هر یک از ارزش‌های زبانی نیز با تابع عضویت متناظر خود به صورت  $\mu_{A_l^i}(x), i=1, \dots, n; l=1, 2, \dots, j$  بیان می‌شود.  $A_p^i$  ارزش زبانی  $p$  مربوط به متغیر  $A^i$  است که با تابع عضویت  $\mu_{A_p^i}(x)$  بیان می‌شود. فازی سازی ارزش غیر فازی هر یک از اجزاء بردار متغیرهای ورودی را به مجموعه‌ای از مقادیر عضویت به شکل زیر ارتباط می‌دهد:

$$x^i \rightarrow \{\mu_{A_l^i}(x^i)\}; i = 1, \dots, n; l = 1, 2, \dots, j$$

### - استنتاج فازی

در این مرحله نتیجه‌ای مشخص از مجموعه گزاره‌های فازی حاصل می‌گردد. هسته یک سیستم رول-بیس فازی، مجموعه‌ای از قواعد "اگر ... آنگاه" است که دانشی را در مورد موضوع مورد بررسی ارائه می‌نماید (راس، ۲۰۰۷). جملات یا قوانین، دلالت مقدم بر تالی را ارائه می‌نمایند. در قانون اگر-آنگاه به صورت "اگر  $X$  برابر  $A$  باشد آنگاه  $Z$  برابر  $B$  می‌گردد"،  $A$  یک مجموعه فازی است که بخش مقدم را ارائه می‌نماید و  $B$  نیز یک مجموعه فازی است که بخش تالی را ارائه می‌نماید. وقوع شرط " $X$  برابر  $A$ " نیز با  $\mu_A(x)$  مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. روش ممدانی متداول‌ترین روش به کارگیری استنتاج فازی است.

1 . Ross

2 . Usenik



## - دیفازی سازی

گام آخر روش کنترلی فازی، فرآیند دیفازی سازی است. نتایج ارزیابی قواعد فازی، متغیرهای خروجی فازی است که دیفازی سازی، این متغیرهای فازی را به مقادیر غیر فازی نگاشت می نماید. از بین روش های دیفازی سازی، روش ارتفاع<sup>۱</sup> به دلیل سهولت ترکیب با روش پویایی شناسی سیستم استفاده شده است. در این روش مقدار غیر فازی  $Z_C^i$  مربوط به متغیر فازی  $Z^i$ ، برابر با میانگین وزنی ماکزیمم<sup>۲</sup> به شکل زیر محاسبه می شود:

$$Z_C^i = \frac{\sum_l \mu_{B_l^i}(Z^i) \cdot Z_{B_l^i MAX}^i}{\sum_l \mu_{B_l^i}(Z)}$$

## پیشینه پژوهش

در زمینه مدل سازی پویایی های درونی بازار سرمایه، اغلب پژوهش های صورت پذیرفته پویایی های متغیرهای درونی بازار سرمایه را به صورت مجزا و بدون استفاده از روش شناسی های دستگاهی مورد بررسی قرار داده اند. همچنین در حوزه ادغام روش شناسی فازی در پویایی شناسی دستگاه ها، اغلب پژوهش ها به بررسی پویایی متغیرهای زبانی و نحوه تأثیر و تأثر آن ها بر یکدیگر می پردازند. در ادامه به برخی از مطالعاتی که در حوزه های فوق الذکر صورت پذیرفته است به طور خلاصه اشاره می شود.

شوفن<sup>۳</sup> و دیگران (۲۰۱۲) با بررسی بازار سرمایه کشور تایوان، نشان دادند که شفافیت بازار سرمایه، نقدشوندگی بازار را افزایش می دهد. نوری و خطیبی<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) نشان دادند که شفافیت و نقدشوندگی بر شاخص کیفیت سرمایه گذاری و نیز ورود سرمایه گذاران جدید در بورس اوراق بهادار تهران اثر گذار است. مسری<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) به اندازه گیری شفافیت بازار سرمایه مصر می پردازد و در بخش های مختلف برای هر یک از این شاخص ها مقدار کمی استخراج می نماید. ولد<sup>۶</sup> (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر مداخلات بازار سرمایه بر شاخص بورس می پردازد و بر اساس شبیه سازی انجام شده

- 
- 1 . Height Method
  - 2 . Weighted Average of Maximum
  - 3 . Shufan
  - 4 . Noori and Khatibi
  - 5 . Masry
  - 6 . Vlad

نتیجه‌گیری می‌نماید که بازار اوراق بهادار تنها با مکانیزم‌های داخلی خود به تعادل می‌رسد (همچنین ماکسیم و آشیف<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷، قربانی و باقری ۱۳۸۹). در زمینه کارایی بازار سرمایه مطالعات متعددی نشان می‌دهند که بازار سرمایه ایران از کارایی در حد ضعیف نیز برخوردار نیست (قالیباغ و ناطقی ۱۳۸۷، سلیمی فر و شیرزور ۱۳۸۹، اله یاری ۱۳۸۷).

در حوزه به‌کارگیری سیستم استنتاج فازی در الگوسازی پویایی‌شناسی سیستم، موضوعات مختلفی مورد پوشش قرار گرفته است. لیو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) روشی جهت قرارگیری متغیرهای چندگانه زبانی در الگوی فروش توسعه دادند. یوسفی و همکاران (۲۰۱۱) به ارائه الگوی سیستم استنتاج فازی با قواعد اگر-آنگاه می‌پردازند. اوسنیک و تورسنیک (۲۰۱۳) مدیریت تعارض سازمانی را بر اساس الگوی پویایی‌شناسی سیستم در قالب فرآیند استنتاج فازی شبه‌سازی می‌نمایند. هررا<sup>۳</sup> و دیگران (۲۰۱۴) جهت بررسی فناوری بی‌سیم، منطق فازی را در روش پویایی‌شناسی سیستم ادغام نمودند.

### سوالات و فرضیه‌های پژوهش

در روش‌شناسی پویایی‌شناسی سیستم که در پژوهش حاضر از آن استفاده شده است، فرضیه‌ها به صورت پویا و بر اساس تبیین روابط حلقه‌های اصلی مدل استخراج می‌شود. در این روش، مدل پویای تدوین شده که منبعث از فاز شناخت در رویکردهای اولیه است، با استفاده از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، فرموله و شبه‌سازی خواهد شد. بر این اساس فرضیه‌های کاربردی تحقیق، فرضیه‌های پویایی می‌باشند که بر اساس مدل پویای تحقیق استخراج خواهند شد. فرضیه‌های پویا می‌بایست توضیح مناسبی از ویژگی‌های پویای مسأله بر اساس حلقه‌های علی-معلولی و یا نمودارهای جریان-حالت ارایه نمایند. یک فرضیه پویا، یک تئوری عملی است که بیانگر خاستگاه مسأله می‌باشد (استرمن، ۲۰۰۰).

در راستای بیان فرضیه‌های پژوهش، پس از تبیین مرز مدل و استخراج روابط محتوایی اصلی در مدل پویاشناسی، بر اساس مصاحبه‌های نیمه‌ساخت یافته‌ای که با ۱۶ نفر از خبرگان حوزه موضوعی

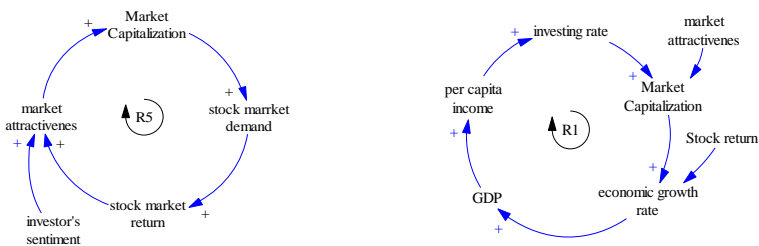
1 . Maxim and Ahif

2 . Liu

3 . Herrera

ترتیب داده شد و همچنین بهره‌گیری از نظریه‌های قابل استناد مستخرج از مبانی نظری و پیشینه مرتبط، فرضیه‌های پویا به صورت زیر تبیین شده است.

افزایش نرخ رشد اقتصادی و به تبع آن افزایش میزان تولید ناخالص داخلی، موجب افزایش درآمد سرانه و نرخ سرمایه‌گذاری شده و با توجه به میزان جذابیت سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه، ارزش بازار سرمایه را افزایش می‌دهد.



افزایش تمایل روانی سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در بازار بورس اوراق بهادار، در حلقه‌ای تقویت‌کننده، موجب افزایش ارزش بازار سرمایه خواهد شد. بر این اساس تمامی متغیرهایی که این تمایل روانی را تقویت کنند، موجب افزایش ارزش بازار سرمایه خواهند شد. متغیرهایی که تأثیرشان بر ارزش بازار سرمایه می‌تواند از طریق متغیر تمایل روانی مورد سیاست‌گذاری واقع شود، شامل کارآیی و شفافیت بازار سرمایه، دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری و مداخلات بازار سرمایه می‌باشد. بر این اساس کاهش مداخلات بازار سرمایه در کنار افزایش کارآیی بازار (که منشعب از افزایش شفافیت بازار می‌باشد)، منجر به افزایش اعتماد به بازار سرمایه خواهد شد و این افزایش در کنار تقویت فرهنگ و دانش سرمایه‌گذاری منجر به افزایش تمایل روانی سرمایه‌گذاران خواهد شد.

بر اساس تبیین فرضیه‌های پویا در چارچوب حلقه‌های علی مدل و همچنین هدف پژوهش حاضر که بررسی اثرات متغیرهای زبانی بر ارزش بازار سرمایه می‌باشد، می‌توان مسأله تحقیق حاضر را در موارد زیر خلاصه نمود:

- تأثیر افزایش کارآیی بازار سرمایه بر میزان جذب نقدینگی در بازار سرمایه (ارزش بازار سرمایه) در افق ۱۴۰۴ چگونه خواهد بود.

- تأثیر افزایش کارآیی بازار در کنار کاهش مداخلات بازار سرمایه، بر ارزش بازار سرمایه در افق ۱۴۰۴ چگونه خواهد بود.
- تأثیر تغییرات مطلوب هم‌زمان متغیرهای درون‌زای بازار سرمایه، شامل افزایش کارآیی و شفافیت بازار سرمایه، کاهش مداخلات بازار سرمایه و توسعه دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری بر ارزش بازار سرمایه در افق ۱۴۰۴ چگونه خواهد بود.
- کدام‌یک از سیاست‌های فوق تأثیر بیشتری بر جذب نقدینگی در بازار سرمایه خواهد داشت و در عرصه سیاست‌گذاری مؤثرتر واقع خواهد شد.

### روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از منظر روش‌شناسی از نوع آمیخته اکتشافی و از منظر هدف کاربردی است. در راستای طراحی مدل پویایی‌شناسی سیستم، مصاحبه‌های نیمه‌ساخت‌یافته‌ای با ۱۶ نفر از خبرگان حوزه ترتیب داده‌شده است و نتایج حاصل از این مصاحبه‌ها، بر اساس روش تحلیل تفسیری در قالب متغیرهای درون‌زای مدل و تبیین مرز مدل نمود یافته است. در کنار نتایج روش تحلیل تفسیری، نظریه‌های قابل استناد مستخرج از مبانی نظری نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بر این اساس نمودارهای حالت و جریان با استفاده از نرم‌افزار Vensim طراحی گردیده است. در راستای تبیین ماژول‌های فازی در رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، پرسشنامه‌ای طراحی گردیده و بر اساس نتایج این پرسشنامه توابع فازی هر یک از متغیرهای فازی تبیین شده است. افق زمانی پژوهش، بازه ۱۸ ساله بین سال‌های ۱۳۸۶ الی ۱۴۰۴ را دربر می‌گیرد. برای سنجش اعتبار الگو، نتایج شبهه‌سازی تا سال ۱۳۹۶ با الگوی استخراج‌شده از داده‌های تاریخی مربوط به سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ مورد مقایسه قرار گرفته و در تدوین سناریوهای راهبردی، زمان اعمال هر یک از سناریوها، سال ۱۳۹۶ در نظر گرفته شده است. جدول زیر متغیرهای مورد استفاده در مدل شبهه‌سازی شده به همراه نوع هر یک از آن‌ها را نشان می‌دهد. هریک از نمادهای  $L$ ،  $R$ ،  $A$  و  $C$  به ترتیب نشان‌دهنده متغیر سطح<sup>۱</sup>، متغیر نرخ<sup>۲</sup>، متغیر کمکی<sup>۳</sup> و متغیر با میزان ثابت<sup>۴</sup> است. متغیرهای سطح نشان‌دهنده انباشت در یک دوره زمانی هستند. متغیرهای نرخ تعیین‌کننده متغیرهای سطح در سیستم هستند. متغیرهای کمکی توابعی

1 . Level  
2 . Rate  
3 . Auxiliary  
4 . Constant

از متغیرهای حالت و مقادیر ثابت و برونزا هستند و بر اساس آن‌ها می‌توان روابط محتوایی متغیرها را بدون ابهام تبیین نمود. متغیرهای با میزان ثابت، متغیرهای حالتی هستند که تغییرات آنان به قدری کند است که نیازی به مدل کردن صریح آن‌ها نیست (استرمن، ۲۰۰۰)

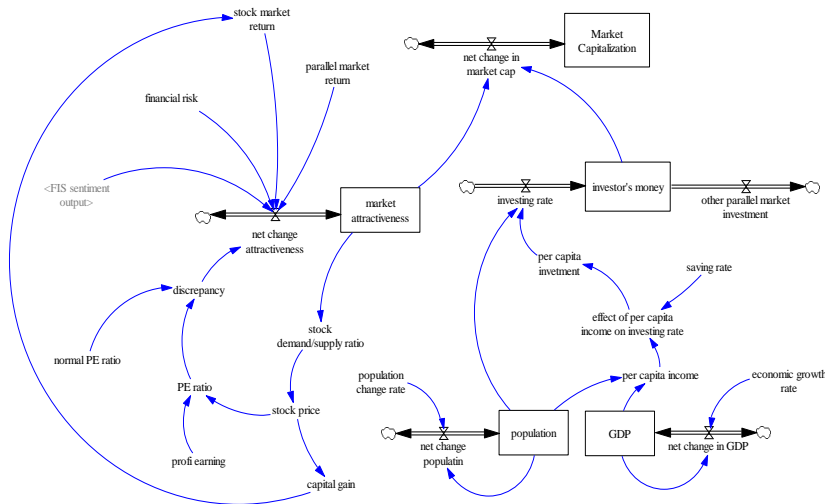
جدول ۱. متغیرهای به کاررفته در مدل پویایی‌شناسی سیستم

متغیر			ردیف	متغیر			ردیف
نوع	عنوان	شرح		نوع	عنوان	شرح	
A	PE ratio	نسبت قیمت به درآمد	۲۵	A	weak, semi-strong, strong	توابع عضویت فازی کارایی	۱
C	normal PE ratio	نسبت قیمت به درآمد نرمال	۲۶	A	low, med, high	توابع عضویت فازی مداخلات	۲
A	discrepancy	شکاف قیمت به درآمد	۲۷	A	R21 تا R1	قواعد فازی (رول‌ها)	۳
C	population change rate	ضریب تغییرات جمعیت	۲۸	A	minimal t, medium t, high t, full t	توابع عضویت فازی اعتماد به	۴
A	stock demand/supply ratio	نسبت تقاضا/عرضه	۲۹	A	T8 تا T1 و TM1 تا	متغیرهای تجمیع فرآیند	۵
A	investor's knowledge-investing	دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری	۳۰	A	FIS trust output	خروجی فرآیند فازی اعتماد به	۶
R	net change populatin	خالص نرخ تغییر جمعیت	۳۱	A	FIS sentiment output	خروجی فرآیند فازی تمایل	۷
L	population	جمعیت	32	A	low know, med know high konow	توابع عضویت فازی دانش و	۸
C	economic growth rate	نرخ رشد اقتصادی	33	A	min s, average s, high s, max	توابع عضویت فازی تمایل	۹
R	net change in GDP	خالص تغییرات تولید ناخالص	۳۴	C	market Transparen cy	شفافیت بازار سرمایه	۱۰
L	GDP	تولید ناخالص داخلی	۳۵	A	trans-effi behaviour	رفتار شفافیت- کارایی	۱۱

متغیر			ردیف	متغیر			ردیف
نوع	عنوان	شرح		نوع	عنوان	شرح	
A	per capita income	درآمد سرانه	۳۶	C	INST diversity	تنوع ابزارها و نهادها	۱۲
C	saving rate	نرخ پس‌انداز	۳۷	C	listed companies	تعداد شرکت‌ها	۱۳
A	per capita investment	ضریب سرانه سرمایه‌گذاری	۳۸	A	market depth	عمق بازار سرمایه	۱۴
R	investing rate	نرخ خالص سرمایه‌گذاری	۳۹	A	dep-man behaviour	رفتار مداخلات-عمق	۱۵
L	investor's money	حجم سرمایه‌گذاری	۴۰	A	market efficiency	کارایی بازار	۱۶
L	market capitalization	ارزش بازار سرمایه	۴۱	A	market manipulation	مداخلات بازار سرمایه	۱۷
A	stock market return	بازده بازار سرمایه	۴۲	A	market trust	اعتماد به بازار سرمایه	۱۸
A	capital gain	سود سرمایه	۴۳	C	per capita training	سرانه آموزش	۱۹
A	parallel market return	بازده بازارهای موازی	۴۴	R	net change attractiveness	تغییرات جذابیت بازار	۲۰
A	financial risk	ریسک مالی	۴۵	L	market attractiveness	جذابیت بازار سرمایه	۲۱
R	net change in market cap	نرخ خالص تغییرات ارزش	۴۶	A	stock price	شاخص قیمت سهام	۲۲
R	other parallel market investment	سرمایه‌گذاری در بازارهای موازی	۴۷	A	effect of per capita income on investing rate	تأثیر درآمد سرانه بر نرخ سرمایه‌گذاری	۲۳
				C	profit earning	درآمد سهام	۲۴

### تبیین روابط علی و معلولی پژوهش

الگوی کلی پویایی‌شناسی سیستم، در شکل زیر ارائه شده است. این الگو متغیرهای متعددی را شامل می‌شود که در تعامل با یکدیگر رفتار سیستم مورد بررسی را در چشم‌انداز تعریف شده شکل می‌دهد.



رشد تولید ناخالص داخلی به عنوان سنجه‌ای برای درآمد سرانه، نشانگر میزان مبالغی است که بر اساس نرخ پس‌انداز خانوارها تبدیل به وجوه سرمایه‌گذاری می‌شود. رشد تولید ناخالص داخلی منجر به افزایش درآمد سرانه و تقاضای سرمایه‌گذاری افراد می‌شود. آنچه در تعیین نرخ تقاضای سرمایه‌گذاری در بازار بورس اوراق بهادار تعیین‌کننده است، متغیر جذابیت بازار سرمایه است. این متغیر خلاصه اثرات متغیرهای زبانی مدل را در کنار اثرات ریسک و بازده که دیدگاه عقلایی سرمایه‌گذار را تشکیل می‌دهد، تبیین می‌نماید. متغیرهایی همچون شفافیت بازار سرمایه، مداخلات بازار سرمایه، کارایی بازار سرمایه، اعتماد سرمایه‌گذاران، و دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری، "تمایل رفتاری" سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در بازار را شکل می‌دهند که خروجی فازی این متغیر با عنوان FIS sentiment output وارد مدل شده است. سایر متغیرهایی که جذابیت بازار سرمایه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در واقع حلقه‌های تعادلی این متغیر را جهت جلوگیری از افزایش بیش‌ازحد ارزش بازار سرمایه تبیین می‌نمایند در شکل فوق قابل مشاهده است. افزایش جذابیت منجر

به افزایش نسبت تقاضا به قیمت سهام و در نتیجه افزایش قیمت به درآمد خواهد شد. از طرفی افزایش بیش از حد قیمت به درآمد در مقایسه با P/E نرمال، باعث تعدیل تقاضای سرمایه‌گذاری خواهد شد.

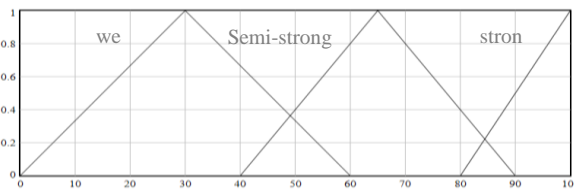
### تبیین ماژول‌های فازی و طراحی فرآیند استنتاج فازی

متغیرهایی همچون اعتماد به بازار سرمایه، کارایی، شفافیت، دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری و تمایل روانی سرمایه‌گذاران بر اساس ماهیت زبانی آن‌ها می‌بایست توسط استنتاج فازی وارد مدل پویایی‌شناسی دستگاه‌ها شوند. در راستای ورود این متغیرها به سیستم استنتاج فازی، می‌بایست توابع عضویت هر یک از این متغیرها را تبیین نمود. هر یک از این متغیرها دارای تابع عضویتی است که بین ۰ و ۱ مقدار می‌گیرد. جهت بررسی هر یک از مجموعه‌های تابع عضویت، عدد ۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفته شده است. تابع عضویت هر یک از متغیرها، نموداری است که محور افقی آن نشان‌دهنده مقدار متغیر و محور عمودی آن نشان‌دهنده درجه عضویت در مجموعه‌های فازی است. استخراج این توابع عضویت بر اساس خروجی پرسشنامه‌هایی است که بین خبرگان حوزه توزیع شده است. در ادامه با تشریح مختصری در زمینه ارتباط محتوایی این متغیرها، توابع عضویت آن‌ها ترسیم می‌شود.

مسئله کارایی اطلاعاتی بازار سرمایه مقوله‌ای نیست که بتوان گفت صرفاً سیاه است یا سفید. بنابراین باید به این سؤال پاسخ داد که بازار تا چه اندازه کارا است. فاما در سال ۱۹۷۰ برای نخستین بار نموداری را ارائه نمود که در آن سه سطح برای کارایی در نظر گرفته شده است. کارایی در سطح ضعیف<sup>۱</sup>، کارایی در سطح نیمه قوی<sup>۲</sup>، کارایی در سطح قوی<sup>۳</sup>. بر اساس مبنای انعکاس اطلاعات در قیمت‌ها در بازارهای ضعیف، نیمه قوی و قوی به لحاظ کارایی و جمع‌بندی نظرات خبرگان بازار سرمایه، نمودار تابع عضویت کارایی بازار سرمایه به شکل زیر ترسیم می‌شود. روابط توابع عضویت مثلثی هر یک از حالات نیز در ادامه آمده است. لازم به ذکر است روابط توابع عضویت در مورد سایر متغیرها مطرح نشده است و به ترسیم نمودار اکتفا شده است.

- 
- 1 . Weak form efficiency
  - 2 . semi-strong efficiency
  - 3 . strong efficiency



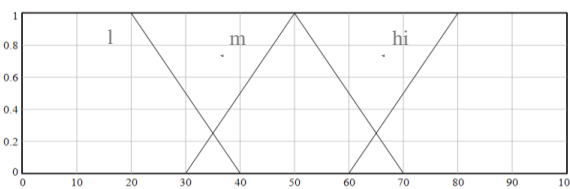


شکل ۱. تابع عضویت فازی کارایی بازار سرمایه

$$\mu_{weak}^x \begin{cases} 0 & x < 0 \\ \frac{x-0}{30-0} & 0 \leq x \leq 30 \\ \frac{60-x}{60-30} & 30 < x \leq 60 \\ 0 & 60 < x \end{cases} \quad \mu_{semi}^x \begin{cases} 0 & x < 40 \\ \frac{x-40}{65-40} & 40 \leq x \leq 65 \\ \frac{90-x}{90-65} & 65 < x \leq 90 \\ 0 & 90 < x \end{cases} \quad \mu_{strong}^x \begin{cases} 0 & x < 80 \\ \frac{x-80}{100-80} & 80 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

شکل ۲- روابط تابع عضویت متغیر کارایی بازار سرمایه

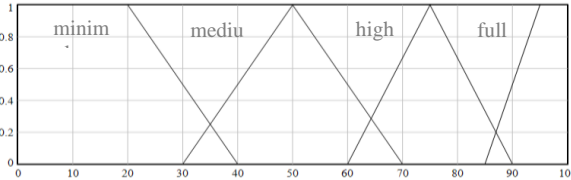
مداخلات بازار سرمایه اقداماتی است که توسط سرمایه‌گذاران، کارگزاران، تحلیل‌گران و یا نهادهای مالی جهت دست‌کاری در بازار سرمایه صورت می‌پذیرد. هر چه عمق بازار سرمایه بیشتر باشد، دست‌کاری بازار کمتر می‌شود، چراکه حجم سفارش‌ها بالا نیز در بازار عمیق قیمت‌ها را دستخوش تغییر نخواهد کرد. بازار عمیق به بازاری گفته می‌شود، که در آن خرید و فروش، به آسانی انجام می‌شود و مدت‌زمان انتظار برای مبادله سهام، به حداقل ممکن کاهش یابد. تابع عضویت مداخلات بازار سرمایه در سه سطح مداخلات کم (low)، مداخلات متوسط (med)، و مداخلات زیاد (high) به شکل زیر تبیین شده است.



شکل ۳. تابع عضویت فازی مداخلات بازار سرمایه

متغیر اعتماد سرمایه‌گذاران به بازار سرمایه را نیز در قالب تابع عضویت فازی تبیین نمود. بر اساس نظرات کارشناسان و سطح‌بندی میزان اعتماد در منابع بررسی شده، چهار سطح برای این متغیر در نظر گرفته شده است: حداقل اعتماد (minimal trust)، اعتماد متوسط (medium trust)،

اعتماد زیاد (high trust) و اعتماد کامل (full trust). تابع عضویت این متغیر برای سطوح مذکور به شکل زیر است.



شکل ۴. تابع عضویت فازی اعتماد به بازار سرمایه

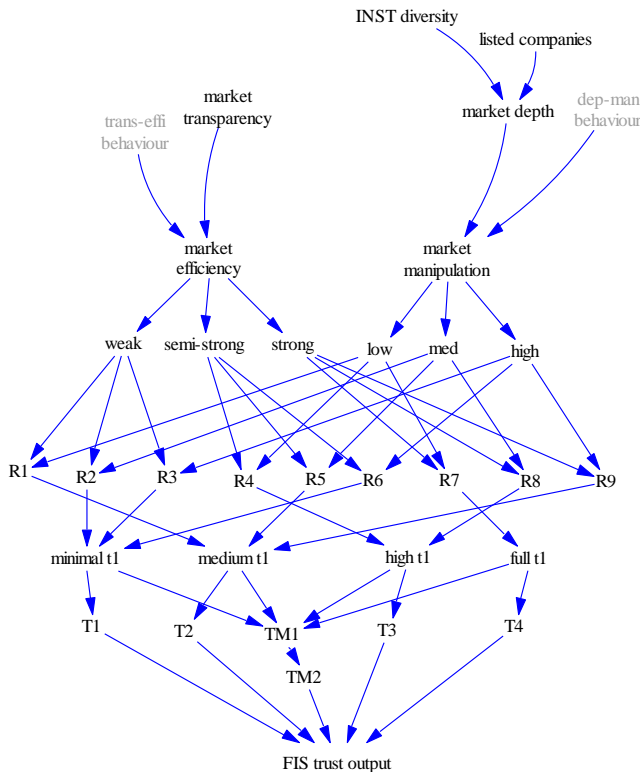
سرمایه‌گذاران بورس اوراق بهادار از اقدامات تمامی فعالان بازار، چه قانونی و چه غیرقانونی، تأثیر می‌پذیرند، مداخلات بازار سرمایه بر اعتماد سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تأثیرگذار خواهد بود. از سوی دیگر کارایی بازار سرمایه که به نوعی در دسترس بودن اطلاعات برای همگان و شفافیت این بازار را نشان می‌دهد، بر اعتماد سرمایه‌گذاران تأثیر خواهد گذاشت. بر این اساس می‌توان تأثیر دو متغیر کارایی و مداخلات بازار سرمایه را در مدل بر میزان اعتماد سرمایه‌گذاران از طریق فرآیند استنتاج فازی موردبررسی قرار داد. بر این اساس، قواعد R1 تا R9 در استنتاج فازی مربوطه به این متغیرها به شکل قواعد "اگر ... آنگاه" به شکل زیر استخراج شده است:

جدول ۲. قواعد فازی اعتماد به بازار سرمایه

		efficiency		
		weak	Semi-strong	Strong
manipulation	low	medium (R1)	high (R4)	full (R7)
	med	minimal (R2)	medium (R5)	high (R8)
	high	minimal (R3)	minimal (R6)	medium (R9)

تشریح هریک از این قواعد فازی، همانند مثال زیر خواهد بود:

R1: اگر کارایی بازار سرمایه ضعیف و سطح مداخلات بازار سرمایه کم باشد، آنگاه سطح اعتماد سرمایه گذاران به بازار سرمایه متوسط خواهد بود.  
 بر این اساس فرآیند استنتاج فازی تشریح شده، در مدل پویایی شناسی سیستم به شکل زیر طراحی می شود.

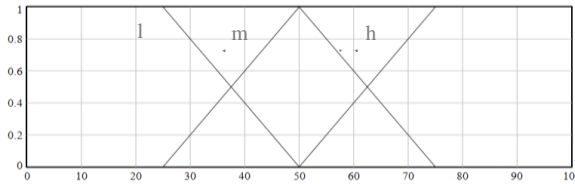


شکل ۵. فرآیند رول-بیس استنتاج فازی متغیر اعتماد به بازار سرمایه

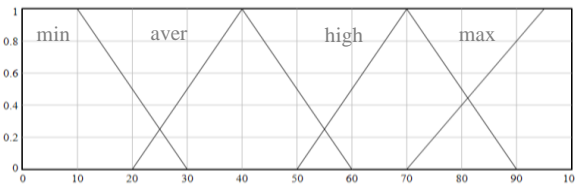
همچنین ارتباط دو متغیر اعتماد سرمایه گذاران و دانش و فرهنگ سرمایه گذاری بر متغیر تمایل روانی سرمایه گذاران به بازار سرمایه را می توان در قالب فرآیند استنتاج فازی طراحی نمود. در این راستا توابع عضویت فازی مربوط به دو متغیر دانش و فرهنگ سرمایه گذاری و تمایل روانی سرمایه گذاران نیز به شکل زیر طراحی شده است. سطوح دانش و فرهنگ سرمایه گذاری در سه سطح پایین (low)، متوسط (med) و بالا (high) و متغیر تمایل روانی سرمایه گذاران به بازار سرمایه

شبه‌سازی تعاملات متغیرهای زبانی در فرآیند توسعه بازار ... ۲۵۷

نیز در چهار سطح تمایل حداقل (min)، تمایل متوسط (average)، تمایل زیاد (high) و تمایل حداکثر (max) طبقه‌بندی شده است.



شکل ۶. تابع عضویت فازی دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری



شکل ۷. تابع عضویت فازی تمایل سرمایه‌گذاری

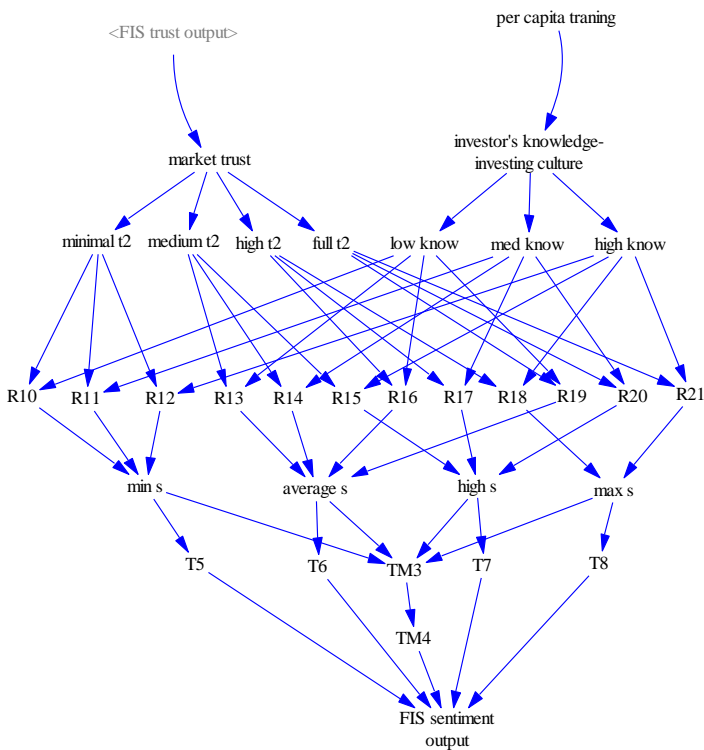
بر اساس نحوه ارتباط و تبیین توابع عضویت سه متغیر اعتماد سرمایه‌گذاران، دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری و تمایل روانی سرمایه‌گذاران، قواعد R10 تا R21 به شکل زیر استخراج شده است:

جدول ۳. قواعد فازی تمایل روانی سرمایه‌گذاران

		market trust			
		minimal	medium	high	Full
knowledge-culture	low	min (R10)	average (R13)	average (R16)	Average (R19)
	med	min (R11)	average (R14)	high (R17)	high (R20)
	high	min (R12)	high (R15)	max (R18)	max (R21)

بر اساس سطوح مذکور استنتاج فازی در مازول حاضر دارای ۱۲ قاعده زبانی است که همانند مثال زیر وارد فرآیند استنتاج فازی خواهد شد.

R10: اگر اعتماد سرمایه گذاران حداقل و سطح دانش و فرهنگ سرمایه گذاری پایین باشد، آنگاه تمایل روانی سرمایه گذاران حداقل خواهد بود.  
 بر این اساس فرآیند استنتاج فازی این متغیرها جهت تبیین نحوه تأثیر گذاری آن‌ها بر یکدیگر به شکل زیر طراحی می شود.

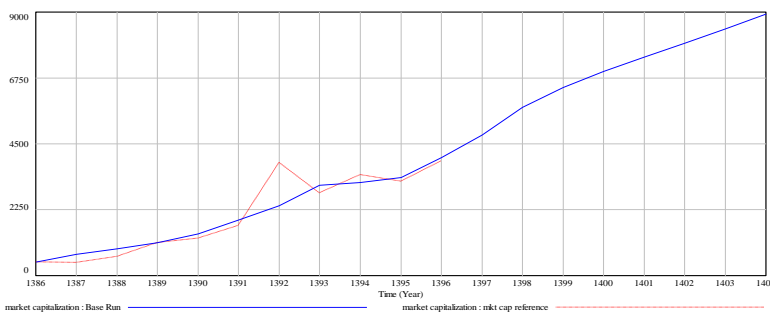


شکل ۸. فرآیند رول-بیس استنتاج فازی متغیر تمایل روانی سرمایه گذاران

### اعتبار سنجی مدل

به منظور سنجش اعتبار مدل و نتایج حاصل از شبیه سازی، ابتدا با مصاحبه با تعدادی از خبرگان حوزه، مرز و ساختار مدل بررسی شد و با تکیه بر ادبیات و دانش موجود، مرز و ساختار مدل مورد تأیید قرار گرفت. این امر نشان می دهد که متغیرهای درون زای سیستم همگی در تعیین رفتار سیستم

نقش داشته و مدل ترسیم‌شده، رفتار متغیرها را به‌خوبی تبیین می‌نماید. آزمون حلقه<sup>۱</sup> و آزمون تناسب ابعاد<sup>۲</sup> مدل نیز توسط نرم‌افزار Vensim مورد تأیید قرار گرفت. در آزمون وضعیت حدی<sup>۳</sup>، برخی از مؤلفه‌های مدل به‌طور فراوانی تغییر داده شد و با اجرای مجدد شبهه‌سازی، شواهد حاکی از رفتار معنادار مدل در تمامی قسمت‌ها بود. به‌منظور اطمینان از تناسب رفتار مدل با داده‌های واقعی، از آزمون بازتولید رفتار<sup>۴</sup> استفاده شد. نمودار زیر روند داده‌های تاریخی و نیز نتایج حاصل از شبهه‌سازی متغیر ارزش بازار سرمایه طی سال‌های ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۶ را نشان می‌دهد. این نمودار مؤید آن است که اطلاعات شبهه‌سازی‌شده و داده‌های ثبت‌شده طی ۱۰ سال گذشته از روند مشابه ای پیروی می‌کنند و در نتیجه می‌توان چنین بیان نمود که مدل شبهه‌سازی‌شده رفتار این متغیر را به‌خوبی شبهه‌سازی نموده است. مقادیر شبهه‌سازی‌شده با Base Run و مقادیر واقعی با mkt cap Reference نمایش داده‌شده است.



شکل ۹. نتایج شبهه‌سازی و داده‌های واقعی ارزش بازار سرمایه (هزار میلیارد ریال)

به‌منظور حصول اطمینان از نتایج شبهه‌سازی‌شده، خطای متغیرهای کلیدی بر اساس شاخص‌های کمی نیز مورد محاسبه قرار گرفته است. بر اساس شاخص  $RMSPE^5$  هرچه میزان تفاوت بین داده‌های واقعی و شبهه‌سازی‌شده کمتر باشد، به نتایج شبهه‌سازی بیشتر می‌توان اعتماد نمود. میزان خطا در این شاخص بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود.

- 1 . Loop test
- 2 . Dimensional Consistency Test
- 3 . Extreme Conditions Test
- 4 . Behaviour Reproduction Test
- 5 . Root Mean Squares Percentage Error

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{\theta} \sum_{t=1}^{\theta} [(y_{T+i}^s - y_{T+i}^a) / y_{T+i}^a]^2}$$

در فرمول فوق  $y_{T+i}^s$  مؤید نتایج شبیه‌سازی شده متغیر الگو،  $y_{T+i}^a$  مؤید داده‌های واقعی و  $\theta$  نشان‌دهنده تعداد مشاهدات است. بر این اساس هرچه مجذورات میزان خطا به صفر نزدیک‌تر باشد به مفهوم خطای کمتر در شبیه‌سازی متغیر مدنظر است (استرمن، ۲۰۰۰). همچنین برای محاسبه ضریب نابرابری<sup>۱</sup>  $U_{theil}$  از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$U_{theil} = \sqrt{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2} / \sqrt{\frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} y_{T+i}^s{}^2 + \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} y_{T+i}^a{}^2}$$

شاخص میانگین مجذورات خطا (MSE) را می‌توان در راستای شناسایی ریشه‌های خطا به سه شاخص تفکیک نمود. شناخت منابع خطا از طریق این سه شاخص نشان می‌دهد که آیا ریشه‌های خطا در بررسی انطباق روند کلی داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های واقعی قابل چشم‌پوشی است یا خیر. در این راستا سه خطای انحراف‌ها<sup>۲</sup> ( $U^m$ )، واریانس نابرابر<sup>۳</sup> ( $U^s$ )، و کواریانس نابرابر<sup>۴</sup> ( $U^c$ ) از طریق روابط زیر محاسبه می‌شوند. مجموع خطای انحراف، واریانس نابرابر و کواریانس نابرابر می‌بایست برابر ۱ باشد.

$$U^m = (\bar{y}^s - \bar{y}^a)^2 / \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2$$

$$U^s = (SDS - SDA)^2 / \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2$$

$$U^c = 2 * (1 - r) * (SDS * SDA) / \frac{1}{\theta} \sum_{i=1}^{\theta} (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2$$

1 . Theil's Inequality Coefficient

2 . Bias

3 . Unequal variation

4 . Unequal covariation

در روابط فوق  $\bar{Y}^S$  مؤید میانگین مقادیر شبه‌سازی شده،  $\bar{Y}^a$  میانگین مقادیر واقعی،  $SDS$  انحراف معیار داده‌های شبه‌سازی شده،  $SDA$  انحراف معیار داده‌های واقعی، و  $\Gamma$  مؤید ضریب همبستگی میان داده‌های واقعی و داده‌های شبه‌سازی شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های فوق در جدول نمایش داده شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون‌های کمی اعتبارسنجی الگو

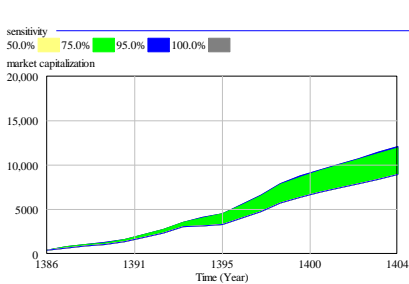
متغیر	RMSPE	$U_{theil}$	$U^m$	$U^s$	$U^c$
ارزش بازار سرمایه	۰۹۴۵۴۰	۰۷۴۸۵۰	۱۸۲۵۲۰	۰۰۰۰۲۰	۸۱۷۴۶۰

همان‌طور که در جدول فوق مشاهده می‌شود میزان خطا مؤید این موضوع است که مدل شبه‌سازی شده انطباق مناسبی با داده‌های واقعی یافته است. شناسایی ریشه‌های خطا نیز نشان می‌دهد که از این انحراف کم، بخش بیشتر به دلیل نابرابری کواریانس‌ها است. این امر مؤید آن است که داده‌های شبه‌سازی شده، روند کلی داده‌های واقعی در این بخش را به‌طور کامل شبه‌سازی می‌نماید و تنها در برخی نقاط به‌طور نقطه‌به‌نقطه (و نه روند) کمی فاصله داشته است.

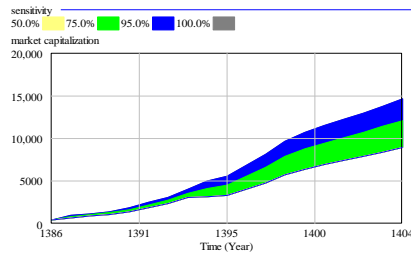
### تحلیل حساسیت

آزمون تحلیل حساسیت در پویایی‌شناسی سیستم، به بررسی این موضوع می‌پردازد که متغیرهای کلیدی پژوهش تا چه اندازه نسبت به پارامترهای موردبررسی در پژوهش حساسیت دارند. در این راستا، ابتدا حساسیت خالص تغییرات ارزش بازار بورس اوراق بهادار تهران نسبت به تغییرات متغیرهای کارایی و مداخلات بازار سرمایه که در واقع تبیین‌کننده اعتماد به بازار سرمایه هستند و سپس نسبت به تغییر هم‌زمان این متغیرها در کنار متغیر دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری موردبررسی قرار گرفته است. این تغییرات موجب می‌شود خالص تغییرات ارزش بازار سرمایه با احتمال ۵۰، ۷۵، ۹۵ و ۱۰۰ درصد به ترتیب در حوزه زرد، سبز، آبی و خاکستری‌رنگ طبق نمودارهای زیر قرار بگیرند. در این نمودارها، ترتیب حوزه‌های ارائه‌شده با حرکت از مرکز به سوی طرفین با رنگ زرد، سبز، آبی و خاکستری نشان داده شده است.





شکل ۱۱. تحلیل حساسیت ارزش بازار سرمایه نسبت به تغییرات کارایی و مداخلات بازار سرمایه



شکل ۱۰. تحلیل حساسیت ارزش بازار سرمایه نسبت به تغییرات کارایی و مداخلات بازار سرمایه و دانش سرمایه‌گذاری

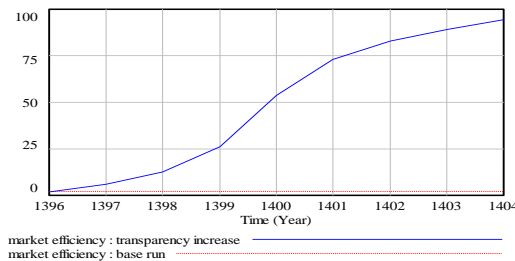
در نمودارهای فوق مشاهده می‌شود که متغیر ارزش بازار سرمایه، نسبت به هم‌زمانی تغییر در مؤلفه‌های تبیین‌کننده اعتماد به بازار سرمایه با تغییرات دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری حساسیت به مراتب بیشتری نشان می‌دهد. به بیان دیگر در راستای افزایش ارزش بازار سرمایه در صورتی که سیاست‌گذاری در راستای افزایش کارایی و مداخلات بازار سرمایه به تنهایی صورت پذیرد، نتیجه چندان مطلوب نخواهد بود و در این راستا نیاز به سیاست‌های افزایش آگاهی عمومی و دانش سرمایه‌گذاری به‌طور ملموس احساس می‌شود.

### تدوین سناریو و تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور مشاهده رفتارهای محتمل الگوی دستگامی در آینده، سناریوهای تغییرات متغیرهای زبانی الگو که در فرآیند استنتاج فازی تبیین شده است، در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا، افزایش شفافیت و کارایی بازار سرمایه، افزایش عمق بازار و کاهش مداخلات، و افزایش آموزش سرانه و دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری مدنظر قرار داده شده است. سناریوهای مذکور منجر به افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران به بازار سرمایه، افزایش تمایل روانی سرمایه‌گذاران به سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار و نهایتاً افزایش جذابیت نسبی بازار سرمایه می‌شود. در سناریوهایی که در ادامه تشریح می‌شود، جهت مقایسه تأثیرات هر سناریو، نمودار شبیه‌سازی پایه نیز بانام Base Run ارائه شده است.

### سناریو ۱- افزایش شفافیت و کارایی بازار سرمایه

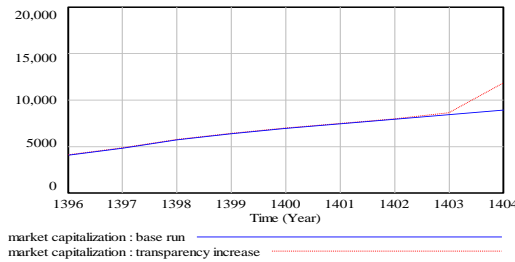
افزایش شفافیت بازار سرمایه از طریق افزایش کارایی بازار سرمایه بر جذابیت بازار سرمایه اثرگذار خواهد بود. در این سناریو، با اعمال افزایش سالانه ۱۰٪ شفافیت بازار سرمایه، تغییرات رفتاری متغیر ارزش بازار سرمایه مورد بررسی قرار گرفته است. ارتباط محتوایی دو متغیر شفافیت بازار سرمایه و کارایی بازار سرمایه، بر اساس تئوری‌های موجود تحت رفتار S-شکل<sup>۱</sup> تبیین می‌شود، به نحوی که با افزایش هر چه بیشتر شفافیت، متغیر کارایی به سمت حالت غایی آن یعنی ۱۰۰٪ کارایی میل می‌کند. در شکل زیر نحوه تغییر روند کارایی بازار سرمایه تحت سناریوی اول مشاهده می‌شود.



شکل ۱۲. رفتار متغیر کارایی بازار سرمایه تحت سناریو ۱

در شکل زیر شبه‌سازی پایه با Base Run به نمایش گذاشته شده است. همان‌گونه که در نمودار ذیل ملاحظه می‌شود، تأثیر افزایش شفافیت بازار سرمایه با تأخیر چندساله، باعث افزایش ارزش بازار سرمایه می‌شود. این تأخیر در زمان درک چنین تغییری توسط سیستم و نیز به دلیل نیاز به غالب شدن تغییرات تابع فازی کارایی بازار سرمایه نسبت به دیگر متغیرهای اثرگذار بر جذابیت بازار سرمایه نمود یافته است. به بیان دیگر تأخیر زمانی در اثرگذاری این متغیر بر ارزش بازار سرمایه به دلیل عدم مطلوبیت توابع فازی سایر متغیرهایی همچون مداخلات بازار سرمایه و دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری به دلیل ثابت ماندن آن‌ها است. زمانی که افزایش شفافیت بازار سرمایه با تغییرات سایر متغیرهای مذکور همراه شود، در تجزیه و تحلیل فازی بر اساس روش ممدانی، تغییر حالات سایر متغیرها نیز در طول زمان موجب کاهش چنین تأخیری خواهد شد. باین حال، مقدار تغییرات متغیر ارزش بازار سرمایه تحت این سناریو مؤید این موضوع است که علی‌رغم وجود تأخیر زمانی، تأثیر این سناریو قابل توجه و به میزان ۳۲٪ در مقایسه با حالت پایه است.

1 . S-shaped

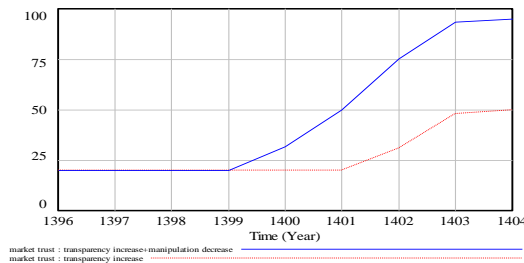


شکل ۱۳. رفتار متغیر ارزش بازار سرمایه تحت سناریو ۱

### سناریو ۲- افزایش شفافیت و کارایی و کاهش مداخلات بازار سرمایه

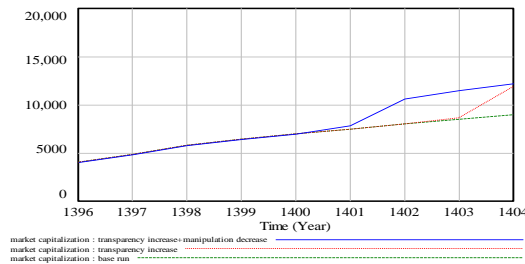
هنگامی که افزایش شفافیت و در نتیجه کارایی بازار سرمایه، با کاهش میزان مداخلات در بازار همراه شود، تأثیرات رفتاری در دو متغیر اعتماد بازار سرمایه و ارزش بازار سرمایه به لحاظ زمانی سریع تر و به لحاظ مقداری بیشتر نمود می‌یابد. این موضوع در نمودارهای زیر قابل مشاهده است. این نمودارها تحت سناریوی کاهش ۱۰ درصدی مداخلات بازار سرمایه در کنار افزایش ۱۰ درصدی شفافیت بازار سرمایه شبیه‌سازی شده است.

تغییرات میزان اعتماد به بازار سرمایه، با تأخیر زمانی کمتری اتفاق افتاده است. دلیل این امر نیز در هم‌زمانی تغییرات مطلوب توابع فازی مداخلات بازار سرمایه در کنار کارایی بازار سرمایه است. همچنین میزان تغییرات اعتماد به بازار سرمایه تحت سناریوی حاضر نسبت به سناریوی قبل، تقریباً دو برابر شده است.



شکل ۱۴. رفتار متغیر اعتماد به بازار سرمایه تحت سناریو ۲

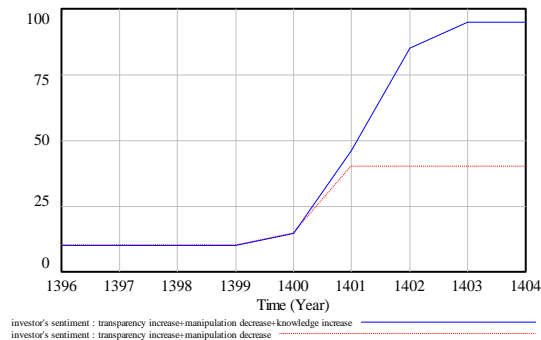
میزان متغیر ارزش بازار سرمایه نیز تحت سناریوی حاضر در افق ۱۴۰۴ نسبت به حالت شبیه‌سازی پایه ۳۶٪ رشد نشان می‌دهد. نمودار زیر مؤید این موضوع است که تغییرات ارزش بازار سرمایه در این حالت با تأخیر زمانی کمتری نسبت به سناریوی قبل اتفاق می‌افتد.



شکل ۱۵. رفتار متغیر ارزش بازار سرمایه تحت سناریو ۲

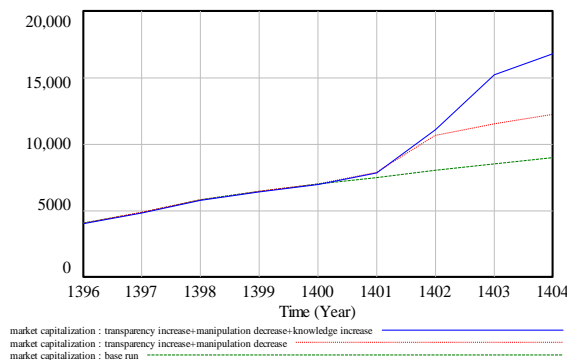
### سناریو ۳- افزایش هم‌زمان شفافیت-کارایی و دانش-فرهنگ سرمایه‌گذاری و کاهش مداخلات بازار سرمایه

در سناریوی آخر، حالت ایدئال سیاست‌گذاری در عرصه متغیرهای درونی بازار سرمایه مدنظر قرار می‌گیرد، جایی که مداخلات بازار سرمایه در طول زمان کاهش می‌یابد و از سوی دیگر کارایی بازار سرمایه در کنار دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری مردم در طول افق زمانی افزایش می‌یابد. آموزش و فرهنگ‌سازی سرانه در این سناریو نیز با افزایش سالانه ۱۰ درصدی مدنظر قرار گرفته است. لازم به ذکر است بر اساس الگوی نهایی پویایی‌شناسی پژوهش، زمانی که سه متغیر فوق هم‌زمان به سمت مطلوب سوق داده شوند، تأثیر این تغییرات از طریق متغیر تمایل روانی سرمایه‌گذاران در متغیر ارزش بازار سرمایه نمود خواهد یافت. در واقع تغییرات دو متغیر کارایی و مداخلات بازار منتج به تغییرات اعتماد به بازار سرمایه می‌شود (سناریوی دوم). از سوی دیگر اعتماد به بازار سرمایه در کنار دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری منتج به تغییر تمایل روانی سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه می‌شود. این تغییرات در نمودار زیر قابل مشاهده است. افزایش تمایل روانی سرمایه‌گذاران تحت این سناریو نسبت به سناریوی گذشته با تأخیر زمانی کمتری اتفاق افتاده است و مقدار آن نیز تقریباً دو برابر سناریوی گذشته افزایش یافته است. هرچند میزان افزایش این متغیر بسیار بیشتر از کاهش تأخیر زمانی مشهود است و دلیل آن نیز تغییرات هم‌زمان توابع فازی سه متغیر مدنظر در این سناریو است.



شکل ۱۶. رفتار متغیر تمایل روانی سرمایه‌گذاران تحت سناریو ۳

در نتیجه تأثیرات فوق، متغیر ارزش بازار سرمایه هم‌زمان با سناریوی گذشته شروع به افزایش می‌کند، اما تحت سناریوی حاضر میزان این افزایش بسیار بیشتر است. میزان افزایش متغیر ارزش بازار سرمایه تحت سناریوی حاضر تقریباً ۵۰٪ بیش از شبیه‌سازی در سناریوی گذشته است. این امر نشان می‌دهد در صورت هم‌زمانی تغییرات سه متغیر مدنظر، تغییر تقاضای سرمایه‌گذاری که در نتیجه افزایش جذابیت بازار سرمایه به وجود می‌آید بسیار بیشتر از حالت‌هایی است که هر یک از این متغیرها به تنهایی به سمت مطلوب سوق پیدا می‌کنند.



شکل ۱۷. رفتار متغیر ارزش بازار سرمایه تحت سناریو ۳

از این رو می‌توان بیان نمود که با مدنظر قرار دادن بهبود هم‌زمان متغیرهای فوق در سیاست‌گذاری جهت جذب سرمایه در بازار بورس و اوراق بهادار کشور، نتیجه به مراتب بهتری عاید خواهد شد.

## نتیجه‌گیری و بحث

روش‌های علم مدیریت کلاسیک برگرفته از ریاضیات قطعی و منطق دوازده‌گانه هستند که خواهان داده‌های دقیق و کمی است. در این روش‌ها، داده‌های مبهم و متغیرهای زبانی جایی در مدل‌سازی ندارند، که این امر به نوبه خود باعث عدم انعطاف‌پذیری و دقت لازم در مدل‌سازی می‌شود. علم مدیریت فازی با استفاده از تئوری دستگاه‌های فازی می‌تواند رویکردی نوین در راستای پاسخ به ابهامات مطرح‌شده در مدل‌سازی دستگاه‌های مدیریتی باشد. این روش‌شناسی، ضمن ایجاد انعطاف‌پذیری در مدل، داده‌هایی نظیر دانش، تجربه و قضاوت انسانی را در مدل وارد می‌نماید و پاسخ‌هایی کاملاً کاربردی ارائه می‌دهد. از سوی دیگر در مدل‌سازی دستگاه‌های پیچیده و پویا، به کارگیری رویکردهایی علمی و کاربردی که منجر به کاهش پیچیدگی و افزایش قابلیت تجزیه و تحلیل سیستم شود، ضروری می‌نماید. روش‌هایی که قادر باشد به گونه‌ای نظام‌مند، رویدادهای احتمالی را پیش‌بینی نموده و آینده را تا حد امکان، تحت کنترل درآورند. بر این اساس در پژوهش حاضر در راستای مدل‌سازی تأثیرات متغیرهای زبانی بر فرآیند توسعه بازار سرمایه، فرآیند استنتاج فازی در رویکرد پویایی‌شناسی دستگاه‌ها ادغام و از آن جهت شبه‌سازی سناریوها استفاده شد. روش پویایی‌شناسی سیستم، ابزاری کارآمد را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد تا با استفاده از آن، مدل‌های ایستای پیشین را به مدل‌های پویا تبدیل نمایند.

هدف این پژوهش، توسعه مدلی بوده است که بتواند تعاملات متغیرهای زبانی در توسعه بازار سرمایه را تبیین نماید. بر این اساس، با بهره‌گیری از روش پویایی‌شناسی سیستم و با توسعه الگوی پویا، نمودارهای حالت و جریان سیستم طراحی شد. سپس با بهره‌گیری از منطق فازی، توابع عضویت هر یک از متغیرهای زبانی تبیین و قواعد فازی بر اساس روش ممدانی استخراج شد. بر اساس این فرآیند، الگوی پویایی‌شناسی فازی در دو بخش ترسیم شد و ارتباط آن با الگوی کلی پویایی‌شناسی سیستم برقرار شد. پس از اطمینان از اعتبار مدل، با استفاده از نرم‌افزار Vensim، مدل طراحی شده در افق زمانی سال‌های ۱۳۸۶ الی ۱۴۰۴ اجرا گردید.

جهت بررسی تأثیرات متغیرهای زبانی بر ارزش بازار سرمایه، ۳ سناریو تبیین شد و تحت هر یک از این سناریوها تغییرات رفتاری متغیر ارزش بازار سرمایه در افق ۱۴۰۴ مورد بررسی قرار گرفت. در پژوهش حاضر متغیرهای مداخلات بازار سرمایه و کارایی بازار بر اعتماد سرمایه‌گذاران اثرگذار هستند و متغیر دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری در کنار متغیر اعتماد سرمایه‌گذاران، رفتار متغیر تمایل روانی سرمایه‌گذاران به مشارکت در بازار سرمایه را تبیین می‌نمایند. نتایج اجرای سناریوها در

خصوص متغیرهای مذکور نشان داد که هم‌زمانی تغییرات مطلوب تمامی این متغیرها، ارزش بازار سرمایه را در افق زمانی پژوهش به مراتب بیشتر از تغییرات منفرد هر یک از متغیرها افزایش می‌دهد. تأثیر تغییرات مطلوب متغیرهای کارایی بازار سرمایه، دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری و مداخلات بازار سرمایه، باعث افزایش ۷۷ درصدی ارزش بازار سرمایه در افق ۱۴۰۴ نسبت به شبیه‌سازی پایه می‌شود. همچنین در تغییر هم‌زمان متغیرها، میزان تأخیر زمانی ناشی از درک سیستم به مراتب کمتر از تغییرات منفرد متغیرها است. این بدان معناست که در صورت مدنظر قرار دادن بهبود هم‌زمان متغیرهای فوق در سیاست‌گذاری جهت جذب سرمایه در این بازار، حصول نتیجه در مدت‌زمان کمتر و کیفیت آن مناسب‌تر خواهد بود. از آنجایی که این عوامل تابعی از فرآیندهای درونی بازار سرمایه می‌باشند، تصحیح فرآیندهای درونی بازار بورس اوراق بهادار اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. نتایج تحلیل حساسیت نیز نشان داد که متغیر ارزش بازار سرمایه، نسبت به هم‌زمانی تغییر در مؤلفه‌های تبیین‌کننده اعتماد به بازار سرمایه با تغییرات دانش و فرهنگ سرمایه‌گذاری، حساسیت به مراتب بیشتری نشان می‌دهد. به بیان دیگر در راستای افزایش ارزش بازار سرمایه در صورتی که سیاست‌گذاری مطلوب این متغیرها با یکدیگر مدنظر قرار داشته باشد، ارزش بازار به ضریب افزایش بیشتری تغییر خواهد نمود.

فرآیند توسعه بازار سرمایه، تحت تأثیر عامل‌های متعددی قرار می‌گیرد که متغیرهای زبانی نیز در این حوزه حائز اهمیت است. توابع فازی متغیرهای زبانی نیز می‌تواند تحت اشکال مختلفی تبیین و یا حالت‌های گوناگون زبانی را شامل شود. از این رو در پژوهش‌های آتی ضمن امکان تغییر حالات زبانی متغیرها، می‌توان متغیرهای زبانی دیگری را، به نحوی که رفتار کلی سیستم همچنان واقعیت را به‌طور مناسب شبیه‌سازی نماید، به مدل وارد نمود.

منابع

- آذر، عادل. فرجی، حجت. (۱۳۸۷). علم مدیریت فازی. تهران، ایران: مهربان نشر.
- ابراهیمی نژاد، مهدی. عباسی، عباس. خلیفه، مجتبی. (۱۳۸۸). بررسی روش‌های افزایش شفافیت اطلاعاتی بازار سرمایه ایران و انتخاب روشی بهینه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی. مجله پیشرفت‌های حسابداری دانشگاه شیراز، ۱(۱). صص. ۱-۲۷.
- اله یاری، اکبر. (۱۳۸۷). بررسی شکل ضعیف کارایی بازار سرمایه در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بورس اوراق بهادار. ۱(۴). صص. ۷۵-۱۰۸.
- امینی، امراه. امامی، مصطفی. امامی، علیرضا. (۱۳۹۱). تأثیر شفافیت بر کارایی بازار سرمایه با تأکید بر حاکمیت شرکتی. نشریه حسابرس، ۵. صص. ۹۹-۱۰۰.
- باقری، عباس. و قربانی، مجید. (۱۳۸۹). دست‌کاری بازار اوراق بهادار. فصلنامه پژوهش حقوق عمومی. ۱۲(۲۹). صص. ۳۰۱-۳۲۶.
- سلیمی فر، مصطفی. شیرزور، زهرا. (۱۳۸۹). بررسی کارایی اطلاعاتی بازار بورس به روش آزمون نسبت واریانس. دانش و توسعه، ۳۱(۵). صص. ۳۰-۶۰.
- عباسی، عباس، (۱۳۸۴). تحلیل سیستمی راهکارها و موانع افزایش شفافیت در بازار سرمایه ایران. سومین کنفرانس ملی توسعه حقوق سرمایه‌گذاران. ایران: شیراز.
- قالیباف اصل، حسن. و ناطقی، محبوبه. (۱۳۸۷). بررسی کارایی در سطح ضعیف در بورس اوراق بهادار تهران (بررسی زیر بخش‌های بازار). تحقیقات مالی. ۱(۹). صص. ۸۰-۱۰۰.
- مشایخی، علینقی. آذر، عادل. و زنگویی نژاد، ابوذر. (۱۳۹۳). ارائه مدل دینامیکی برای کاهش متوسط زمان پرداخت خسارت در شرکت‌های بیمه. تهران، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی. ۱۱(۷۱). صص. ۹۵-۱۱۷.
- Abbasi, A. (2005). *Systemic analysis of obstacles and solutions of increasing market transparency in Iran capital market*. Third Conference on developing the investor's rights. Iran: Shiraz. [in Persian]
- Alahyari, A. (2008). *Investigating the weak form of Tehran stock exchange's efficiency*. Journal of securities exchange organization. 1(4). pp.75-108. [in Persian]
- Amini, A. et al. (2012). *The effect of transparency on capital market efficiency: the corporate governance view*. Journal of Auditing. 5. pp.99-100. [in Persian]
- Azar, a. and Fraji, H. (2008). *Fuzzy management science*. Tehran. Iran: Mehrban publication institution. [in Persian]



- Bagheri, A. and Ghorbani, M. (2010). *Stock market manipulation*. Journal of law researchs. 12(29). pp.301-326. [in Persian]
- Bojadziev, George. Bojadziev, Maria. (2007). *Fuzzy logic for business, finance, and management*. 2nd ed. Hackensack, NJ: World Scientific, c2007.
- Ebrahiminezhad, M. et al (2009). *Investigating the methods of increasing Iran stock market transparency using AHP method*. Journal of accounting advances.1(1). pp.1-27. [in Persian]
- Ghalibaf, H. and Nateghi, M. (2008). *Investigating the weak form efficiency of Tehran stock exchange: The sub-segments of market*. Financial research journal. 9(1). pp.80-100. [in Persian]
- Herrera, Milton. et al. (2014). *Using System Dynamics and Fuzzy Logic to Assess the Implementation RFID Technology*. Proceedings of the 32st International Conference of System Dynamics Society. Delft, Netherlands.
- Liu, Shiyong .et al. (2010). *Representing Qualitative Variables and Their Interactions With Fuzzy Logic in System Dynamics Modeling*. Systems Research and Behavioral Science, USA, Published online in Wiley Online Library
- Mashayekhi. A. et al. (2014). *A dynamic modelling for decreasing loss time average in insurance companies*. Iranian journal of trade studies. 18(71). pp.95-117. [in Persian]
- Masry, Mohamed. (2015). *Measuring Transparency and Disclosure in the Egyptian Stock Market*. Journal of Finance and Bank Management. 3(1), pp.25-36.
- Maxim, M. and Ashif, A. (2017). *A new method of measuring stock market manipulation through structural equation modeling (SEM)*. Investment Management and Financial Innovations. 14(3), pp.54-61
- Noori, Maryam. and Anvar Khatibi, Saeed. (2013). *The impact of liquidity and transparency in the financial markets: A case study in Tehran stock exchange*. European Online Journal of Natural and Social Sciences. 2(3), pp.109-115.
- Ross, T.J. (2007). *Fuzzy logic with engineering application*. London, UK: John Wiley & Sons.
- Salimifar, M. and Shirzoor, Z. (2010). *Investigate the information efficiency of stock market using Variance Ratio Test*. Knowledge and development. 31(5). pp.30-60. [in Persian]
- Shu-Fan, Hsieh. et al (2012). *Market Transparency, Investor Strategies, and Trading Costs: Evidence from the Taiwan Stock Exchange*. Accounting and Finance Research. 1(1), pp.180-191.
- Sterman, J. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston, USA: McGraw-Hill.

- Usenik, J. (2012). *A fuzzy model of power supply system control*. Journal of energy technology, 5(3). pp.23-37
- Usneik, J., & Turnsek, T. (2013). *Modeling conflict dynamics with fuzzy logic inference*. Journal of US-China public administration, pp.457-474
- Vlad, Andreea. (2014). *Financial Market Manipulation: How to identify the Mechanisms?*. International Journal of Economic Practices and Theories, 4(1). pp.77-88.
- Yosefi, H., Nahaei, V. & Nematian, J. (2011). *A new method for modeling system dynamics by fuzzy logic: modeling of research and development in the national system of innovation*. The journal of mathematics and computer science. 2(1). pp.88-89