Advances in Cognitive Sciences
Vol 24, No. 4, Winter 2023
Research Article
Pages 115-131

Presenting an emotional-normative agent model through combining E-X-machine and NOE architecture for investigating the phenomenon of bank rush

Nariman Zaeim Kohan[1], **Azamossadat Nourbakhsh**[2*]

1. Master's Student in Software Engineering, Department of Computer Engineering & Information Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Computer Engineering & Information Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Recieved: 19 Sep. 2022
Revised: 9 Dec. 2022
Accepted: 28 Dec. 2022

Keywords
Agent-based simulation
Norms
Emotional-normative agent

Corresponding author
Azamossadat Nourbakhsh, Assistant Professor, Department of Computer Engineering & Information Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Email: Nourbakhsh@liau.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.4.115

Abstract

Introduction: One of the economic phenomena researchers have investigated in different ways is the problem of bank runoff. A bank rush refers to a situation where depositors suddenly withdraw their deposits due to fear of the safety of their deposits, in a most emotional reaction, which can lead to bank failure.

Methods: In this article, while combining the architecture of the emotional X-machine for the emotional agent and Norma Emergence (NOE) for the normative agent, a model for the emotional-normative agent is presented, and through it, the role of social norms in preventing the bank rush phenomenon through simulation in Netlogo's environment provided.

Results: In a situation where without normative reasoning, by activating the contagion of emotions and using 15 secondary agents, the authors have faced 100% bank failures. By activating normative reasoning and using the initial normative population of 50%, bank failures will decrease to about 50%.

Conclusion: Finally, the results obtained from the simulation confirm the effectiveness of normative variables in preventing the occurrence of bank runs.

Citation: Zaeim Kohan N, Nourbakhsh A. Presenting an emotional-normative agent model through combining E-X-machine and NOE architecture for investigating the phenomenon of bank rush. Advances in Cognitive Sciences. 2023;24(4):115-131.

Extended Abstract

Introduction

In recent years, agent-based simulation has been successfully used in the study of various economic phenomena, which has led to the emergence of the interdisciplinary research system of agent-based computational economics.

One of the economic phenomena researchers have investigated in different ways is the problem of bank runoff. A bank raid is a situation where depositors withdraw their deposits from the bank due to fear of their deposits' safety.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

The question is whether norms, such as society's attention to rumors, social responsibility, and prioritizing collective interests over individual desires, can reduce such phenomena's probability.

In this research, by combining two architectures of emotional and normative agents, an emotional-normative model is proposed through which, while simulating the phenomenon of bank rush, the role of normative variables in preventing this phenomenon is investigated. As a result, the main goal of this research is to present and test an emotional-normative model and investigate the role of normative reasoning in preventing the adverse results of economic phenomena known as ecological surprises.

Methods

The modeling approach chosen to implement the simulation of the bank rush phenomenon is the combination of FSM, Emotion, and NOE models.

A Finite State Machine (FSM) is a computational model that can be used to simulate sequential logic or, in other words, to represent and control the flow of execution. FSMs can model problems in many fields, including mathematics, artificial intelligence, games, and linguistics.

In this article, according to the model presented by Sakellario et al. (3), emotions are defined as passion (the level of motivation to act). The corresponding mode is applied to the agents. These states reflect the agent's speed in maintaining or changing how he interacts with the simulation world. This willingness to act shows the agent's readiness to welcome other agents, situations, and events.

On the other hand, the NOE agent processes emotions based on the norm evaluation output and, similar to the OCC model, considers both the type and intensity of emotions to perform a specific action. Therefore, violating the norms in such a factor causes negative feelings (18).

Agents with norms refer to their normative memory upon entering each state to determine whether they are in a normative situation. If the answer is positive, due to the agent's institutionalization degree of desire agent, he will behave according to the norm.

Therefore, by examining the normative nature of each state by the agent **(Identification)**, and by gradually increasing the norm in the agent **(Instantiation)**, and changing the agent's behavior due to the existence of norms, the NOE model is used in the normative reasoning, and finally, **Norm Fulfillment** by evaluating compliance or non-compliance with the norm. The related rewards and punishments are implemented.

The three normative variables that are vital in preventing the Bank Rush phenomenon are:

- The agent's previous experience of complying or not complying with the norm
- The agent's behavior results in the prediction of the future
- The degree of guilt in the perpetrator

Results

The agents' emotions are aroused by activating sub-agents and dispersing negative rumors. The value of their Cash-Need variable, which represents the amount of cash the agent feels secure with, increases rapidly (1).

To check the impact of the normative variables and determine how the model works, for simulating, the authors activate the normative variables, which in the previous bankruptcy experiments of all banks has occurred (By using 15 sub-factors and active contagion of emotions).

Moreover, the initial value of the two variables, init-norm and init-agreeable, which respectively represent the institutionalization degree of the norm in a factor and the degree of agreeableness in the agent, have been considered at the average level (0.5). Three variables- previous experience, future prediction of crossing the norm, and feeling guilty when crossing the norm- are used for the agent's next decisions (Table 1).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Table 1. Simulation results with normative reasoning activation

Normative Reasoning	Reward System	Punishment System	Init Normative Population Percent	Failure Percent	Average Days Before Failure
Active	**Inactive**	**Inactive**	%20	%100	5
Active	**Inactive**	**Inactive**	%50	%50	22
Active	**Inactive**	**Inactive**	%75	%0	-

Conclusion

In normative reasoning activation mode, the most important factor influencing the simulation result is the number of agents who have accepted the desired norm at the beginning of the simulation. The results presented in Table 1 show that the higher the number of primary normative factors, the lower the probability of bank failure.

Noteworthy that the phenomenon of bank rush generally occurs in a short time. In this way, immediately after creating negative rumors, negative feelings related to it are created at the community level, and the withdrawal of money from banks starts quickly. Certainly, in such a time, there is not much opportunity for the emergence of the norm in people. The most important issue is the number of people who have already accepted the desired norm for various reasons. In this case, the very low growth of normative variables confirms this point (Fig. 1).

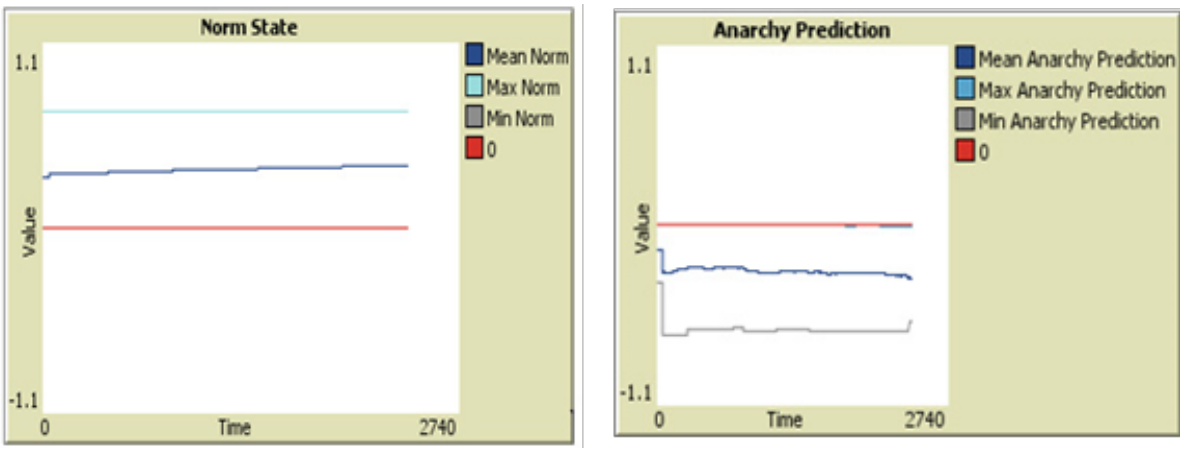


Figure 1. Partial changes of normative variables in the simulation interval

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

The authors have not used a questionnaire in this article, and people's privacy has not been violated. The report's presentation is only based on the repeated execution of the simulation, and no ethical notions were involved in this research.

Authors' contributions

All the authors participated in this research and had an equal share in writing and editing this article.

Funding

This research was done at the personal expense of the

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

authors.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to all those who helped to write this article.

Conflict of interest

There is no conflict of interest among the authors.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

مجله تازه‌های علوم شناختی
دوره ۲۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱
صفحات ۱۳۱-۱۱۵
مقاله پژوهشی

ارائه یک مدل مبتنی بر عامل احساسی_هنجاری از طریق ترکیب معماری E-X-machine و NOE جهت بررسی پدیده هجوم بانکی

نریمان زعیم کهن[۱]، اعظم السادات نوربخش[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم‌افزار، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸
اصلاح نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۱۸
پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۷

واژه‌های کلیدی
شبیه‌سازی مبتنی بر عامل هنجار
مدل احساسی_هنجاری

نویسنده مسئول
اعظم السادات نوربخش، استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

ایمیل: Nourbakhsh@liau.ac.ir

doi.org/10.30514/icss.24.4.115

چکیده

مقدمه: یکی از پدیده‌های اقتصادی که به گونه‌های مختلف توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است، مسئله هجوم بانکی است. هجوم بانکی به وضعیتی اطلاق می‌شود که سپرده‌گذاران به دلیل ترس از امنیت سپرده‌های خود در واکنشی عمدتا احساسی، اقدام به برداشت ناگهانی آن می‌نمایند که می‌تواند منجر به ورشکستگی دومینووار بانکی شود.

روش کار: در این مقاله ضمن ترکیب معماری Emotional X-machine برای عامل احساسی و معماری ((NOE) Norma Emergence) برای عامل هنجاری، مدلی برای عامل احساسی_هنجاری ارائه شده و به واسطه آن، نقش هنجارهای اجتماعی در پیشگیری از پدیده هجوم بانکی از طریق شبیه‌سازی در محیط عامل‌محور Netlogo و تجزیه و تحلیل نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است.

یافته‌ها: در شرایطی که بدون استفاده از استدلال هنجاری، با فعال‌سازی سرایت احساسات و استفاده از ۱۵ عامل فرعی با ورشکستگی بانکی ۱۰۰ درصد مواجه بوده‌ایم، با فعال‌سازی استدلال هنجاری، در نظر گرفتن میانگین ۰/۵ برای متغیر شخصیتی Agreeableness و استفاده از جمعیت هنجاری اولیه ۵۰ درصد، میزان ورشکستگی بانکی به حدود ۵۰ درصد کاهش پیدا می‌کند، با افزایش جمعیت هنجاری اولیه به ۱۰۰ درصد، ورشکستگی بانکی به طور کامل مهار می‌گردد.

نتیجه‌گیری: در نهایت نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی به وضوح تاثیرگذاری استدلال هنجاری را در پیشگیری از وقوع پدیده فرار بانکی تایید می‌نمایند.

مقدمه

در سال‌های اخیر، شبیه‌سازی مبتنی بر عامل در مطالعه پدیده‌های مختلف اقتصادی به طور مؤثری مورد استفاده قرار گرفته است که منجر به پیدایش نظام پژوهشی بین رشته‌ای اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل (Agent Based Computational Economic) شده است.

یکی از پدیده‌های اقتصادی که به گونه‌های مختلف توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است مسئله هجوم بانکی است. هجوم بانکی به وضعیتی اطلاق می‌شود که سپرده‌گذاران به دلیل ترس از امنیت سپرده‌های خود، اقدام به برداشت آن از بانک می‌نمایند. عموماً این وحشت بانکی با تزلزل در قدرت استدلال و تصمیم‌گیری افراد همراه است. به عبارت دیگر، حالت احساسی افراد به دلیل انتشار شایعات به سوی ترس و وحشت گرایش پیدا می‌کند و منجر به برداشت ناگهانی سپرده‌ها از موسسات مالی مختلف و ورشکستگی دومینووار آنها خواهد شد.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

سؤالی که در اینجا مطرح می‌شود این است که آیا هنجارهایی نظیر میزان توجه جامعه به شایعات، مسئولیت‌پذیری اجتماعی، اولویت دادن منافع جمعی بر خواسته‌های فردی و ... می‌توانند در احتمال وقوع چنین پدیده‌هایی مؤثر باشند؟

در این پژوهش با ترکیب معماری عامل احساسی Emotional X-machine و عامل هنجاری NOE و همچنین با به کارگیری ماشین حالت متناهی ((Finite State Machine (FMS در معماری عامل، مدلی احساسی_هنجاری پیشنهاد شده است که از طریق آن ضمن شبیه‌سازی پدیده هجوم بانکی، نقش متغیرهای هنجاری در پیشگیری از این پدیده مورد بررسی قرار گیرد. هدف اصلی این پژوهش ارائه و آزمایش یک مدل احساسی_هنجاری و بررسی نقش استدلال هنجاری، در پیشگیری از نتایج نامطلوب پدیده‌های اقتصادی موسوم به Ecological Surprises می‌باشد.

در ادامه این مطالعه، ابتدا با روش کار و سوابق پژوهش آشنا خواهیم شد، سپس مدل پیشنهادی مورد تشریح و بررسی قرار خواهد گرفت. یافته‌های پژوهش، شامل جزئیات اجرای شبیه‌سازی و ریز نتایج حاصل از آنها در بخش بعدی بررسی می‌شوند و پس از آن تحلیلی از نتایج به دست آمده ارائه خواهد شد. در پایان، نتیجه‌گیری از آنچه در بخش‌های مختلف مطالعه ارائه شده است، صورت خواهد گرفت.

روش کار

بر اساس نوشته Schermer مفهوم عامل اولین بار در ۱۹۷۷ توسط Hewitt مورد استفاده قرار گرفت (۱). او مفهوم عامل را به عنوان یک برنامه مستقل، تعاملی و همزمان با اجرا پیشنهاد کرد. این برنامه حالت داخلی کپسوله‌ای داشت و می‌توانست به پیام‌های سایر برنامه‌های مشابه پاسخ دهد. مفهوم کامل "بازیگر" یک عامل محاسباتی (Computational Agent) است که یک آدرس ایمیل و یک رفتار دارد. بازیگران از طریق ارسال پیام ارتباط برقرار می‌کنند و اقدامات خود را همزمان انجام می‌دهند (۱).

توسعه عامل‌ها عموماً از طریق حوزه‌های هوش مصنوعی توزیع شده (Distributed Artificial Intelligence)، سیستم‌های چندعامله حل مشکل توزیع شده (Distributed Problem Solving) و یا هوش مصنوعی موازی (Parallel AI) صورت گرفته است. خصوصاً انگیزه‌های بسیاری در حوزه DAI برای استفاده از عامل‌ها وجود دارد (۳). به طور کلی، یک عامل را می‌توان به عنوان موجودی توصیف کرد که محیط خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد یا آن را تغییر می‌دهد. در سال ۱۹۹۵ پژوهشگران اظهار داشتند که عامل‌ها دارای درجه‌ای از استقلال و اختیار هستند. این بدان معنی است که برای دستیابی به اهداف خود، عامل‌ها باید بدون هیچ‌گونه دخالت مستقیم انسان اجازه فعالیت داشته باشند و کنترل اعمال و وضعیت داخلی خود را بر عهده داشته باشند (۲).

مدل‌های رسمی عامل‌های احساسی: پژوهشگران در طول سالیان مدل‌های گوناگونی را برای عامل‌های احساسی پیشنهاد نموده‌اند. برخی از این مدل‌ها در گذر زمان به فراموشی سپرده شده‌اند ولی برخی دیگر به تدریج به عنوان مدل رسمی پیاده‌سازی احساسات توسط سایر پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ادامه به معرفی تعدادی از این مدل‌های رسمی خواهیم پرداخت.

- **EBDI**

به نقل از مقاله Pereira مدل ((Emotion BDI (EBDI مبتنی بر ((Believe Desire Intention (BDI معرفی شده توسط Rao و Georgeff است و یک افزونه به شمار می‌آید. منطق حاکم بر BDI یک منطق چند وجهی بوده و دارای یک بردار دو بعدی است. یک بعد برای طیفی از محیط‌های ممکن که معرف مطابقت با دیدگاه‌های مختلف عاملی که نشان‌دهنده حالات ذهنی است، در نظر گرفته شده است. بعد دیگر، فهرستی از حالات است که تکامل عامل را در طول زمان به تصویر می‌کشد (۴).

- **OCC**

مدل ((Ortony, Clore, and Collins (OCC سلسله‌مراتبی از ۲۲ احساس طبقه‌بندی شده را توصیف می‌کند. رویدادها با توجه به پیامدهای آنها ارزیابی می‌شوند. پیامدهای یک رویداد به عنوان مطلوب یا نامطلوب ارزیابی می‌گردند. هر موردی از یک «رویداد مطلوب» باید به «پیامد مطلوب یک رویداد» تعبیر شود، زیرا مطلوبیت فقط به پیامدهای رویدادها اطلاق می‌شود (۵).

- **(Pleasure-Arousal-Dominance (P.A.D))**

Mehrabian (۱۹۹۹) چارچوبی را پیشنهاد کرد که حالات عاطفی و خلق و خوی فرد را با استفاده از سه پارامتر برای طبقه‌بندی، اندازه‌گیری و به کارگیری عواطف تعریف می‌کند. به طور خاص، احساسات در یک فضای سه بعدی بازنمایی می‌شوند و در این فضا، Mood به عنوان حالت‌های عاطفی پایدارتر و ماندگارتر تعریف می‌گردد. این مدل در واقع ساختاری جهت اندازه‌گیری و توصیف احساسات به شمار می‌آید (۶).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

عامل‌های هنجاری: هنجار یک انتظار عمومی از رفتار که به طور گسترده‌ای برای جامعه پذیرفته شده است. پژوهش در مورد هنجارها در سیستم‌های چندعاملی حدود دو دهه قدمت دارد. هنجارها از آنجا که به حفظ نظم اجتماعی کمک می‌کنند و موجب تسهیل همکاری و هماهنگی می‌شوند، همواره مورد توجه پژوهشگران سیستم‌های چندعاملی (Multy Agent Systems) بوده‌اند. آنها همچنین بررسی کرده‌اند که چگونه هنجارها ممکن است در پاسخ به تغییرات محیطی تکامل یابند (۷).

به طور کلی از دیدگاه جامعه سه مرحله مهم هنجارها عبارتند از: شکل‌گیری، انتشار و ظهور. مکانیسم‌های به کار رفته در مرحله شکل‌گیری هنجار، پرداختن به چگونگی ایجاد هنجارها در یک جامعه است و این که چگونه عوامل فردی می‌توانند هنجارهای ایجاد شده را شناسایی کنند. مکانیسم‌های مورد استفاده در مرحله انتشار، تبیین چگونگی گسترش و اجرای هنجارها در جامعه هستند و مرحله ظهور با تعیین میزان گسترش یک هنجار در جامعه مشخص می‌شود (۸).

پیاده‌سازی هنجار در عامل عموماً به سه روش صورت می‌گیرد:

الف) if-then-else rule

در این روش، هنجارهای مورد نظر توسعه‌دهنده به صورت مستقیم به کد ایجاد شده برای عامل تزریق می‌شود (Hard Coding). بنابراین رفتارهای هنجاری عامل، مستقیماً توسط عبارات شرطی ساده تعیین می‌شود.

ب) اهداف هنجاری

مسیر دیگری برای پیاده‌سازی هنجار در عامل، تعیین اهداف هنجاری برای عامل و در نتیجه عدم دخالت در تصمیم‌گیری‌های خرد صورت گرفته توسط عامل می‌باشد. به این ترتیب هر عمل صورت گرفته توسط عامل از طریق هدف هنجاری او مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

ج) منطق دیونتیک

در این شیوه که از فلسفه دیونتیک (عمدتاً استفاده شده توسط کانت) بهره می‌برد، هر عمل صورت گرفته توسط عامل به یکی از دسته‌هایی مانند زیر تقسیم شده و بر همان اساس مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

• مجاز • غیرمجاز • واجب • منسوخ • اجباری • اختیاری

سوابق پژوهش: پدیده‌های گوناگون اقتصادی ازجمله هجوم بانکی و همچنین هنجارهای اجتماعی در محیط مبتنی بر عامل، به صورت مجزا توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

Bosse و Duel (۲۰۱۴) تأثیر سرایت احساسات بین افراد جامعه را در پدیده‌های مالی گروهی را با استفاده از رویکرد مبتنی بر عامل، بررسی کرده و مدل محاسباتی به دست آمده را هم از طریق شبیه‌سازی اکتشافی و هم توسط تجزیه و تحلیل ریاضی، مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج این پژوهش، نشان می‌دهد که رهبران گروه‌های مالی می‌توانند به نحو موثری از سرایت احساسات مثبت، در پیشگیری از بی‌انگیزگی افراد تیم خود بهره ببرند (۹). Bookstaber و همکاران (۲۰۱۷) طراحی مدل‌های مبتنی بر عامل، برای مدل‌سازی بحران‌های مالی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. تمرکز این پژوهش بر تعاملات بین عامل‌ها و تاثیر آن بر روی ایجاد تغییر در محیط‌های مالی قرار گرفته است. همچنین در این مطالعه مقایسه‌ای بین استفاده از مدل مبتنی بر عامل و رویکرد استاندارد اقتصادی برای بررسی بحران صورت گرفته است که نتایج حاصل از آن غلبه رویکرد مبتنی بر عامل به محدودیت‌های موجود در رویکرد استاندارد را نشان می‌دهد (۱۰). همچنین احمدیان (۱۳۹۴) عوامل مؤثر بر پدیده هجوم بانکی را با محوریت ریسک نقدشوندگی مورد بررسی قرار داده است. در این پژوهش با استفاده از روش لاجیت پانل، مدلی ارائه شده است که به سیاست‌گذار اجازه می‌دهد احتمال رخداد هجوم بانکی را بررسی نماید. نتایج حاصل از بررسی بیانگر اهمیت سلامت بانکی و متغیرهای جایگزین سپرده نظیر نرخ ارز بر احتمال خروج ناگهانی سپرده است (۱۱).

Chan-Lau و همکاران (۲۰۱۷) یک مدل مبتنی بر عامل به نام (Agent Based model of Banking system (ABBA)) برای تجزیه و تحلیل ریسک‌ها در سیستم بانکی ارائه داده‌اند (۱۲)، منصوری (۱۳۷۶)، شبیه‌سازی عامل_بنیانی برای زنجیره تامین خدمت بانکداری بر مبنای منطق غلبه خدمت ارائه داده‌اند (۱۳)، Tyrychtr و Pelikan (۲۰۱۹)، استفاده از (Multi Agent System) را در اقتصاد هوشمند مورد بررسی قرار داده‌اند. این پژوهشگران ایده استفاده از پارادایم چند عاملی را برای پردازش صحیح‌تر مسائل اقتصادی پیشنهاد کرده‌اند و یک مدل مفهومی از سیستم چندعاملی برای تحلیل‌های اقتصادی ارائه داده‌اند (۱۴).

Minarsch و همکاران (۲۰۲۱)، میان‌افزاری را برای عامل اقتصادی مستقل ارائه داده‌اند. این میان‌افزار به گونه‌ای طراحی شده است که به یک اقتصاد دیجیتال غیرمتمرکز اجازه شبیه‌سازی می‌دهد؛ به گونه‌ای که هر فرد و سازمان توسط یک نهاد اقتصادی مستقل در محیط شبیه‌سازی نمایش داده می‌شوند (۱۵). Steinbacher و همکاران (۲۰۲۱) پیشرفت‌های رخ داده در زمینه مدل‌سازی مبتنی بر عامل اقتصاد و رفتارهای اجتماعی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. در این پژوهش طراحی مدرن عامل‌ها نمایش داده شده و مسیری که موجب بهبود رفتار

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

عامل‌ها در فضای اقتصادی شده، مورد بررسی قرار گرفته است (۱۶).
در زمینه ارتباط هنجارهای موجود در جامعه و احساسات فردی، Scheve و همکاران (۲۰۱۵)، این ارتباط را به دو بخش تقسیم کرده و مورد بررسی قرار می‌دهند. بخش اول تأثیر احساسات در حفظ هنجارهای اجتماعی از طریق نمایش احساسات منفی به عنوان مجازات و بروز احساسات مثبت به مثابه پاداش؛ و بخش دوم هنجارهای اجتماعی که مشخص می‌کنند بروز کدام احساسات در یک زمینه اجتماعی معین، مناسب و نرمال به شمار می‌رود (۱۷). همچنین Tzeng و همکاران (۲۰۲۱)، عوامل ظهور و استحکام هنجارها بر اساس احساسات را از طریق شبیه‌سازی صورت گرفته در محیط چندعامله مورد بررسی قرار داده‌اند (۱۸).
Argente و همکاران (۲۰۲۰) مفهوم هنجار و انواع مختلف آن را در سیستم‌های چندعاملی مورد بررسی قرار داده‌اند. همچنین مرتبط‌ترین نظریه‌های مربوط به احساسات، چرخه زندگی احساسات یک عامل، و نحوه گنجاندن احساسات از طریق مدل‌های محاسباتی در سیستم‌های چندعاملی را ارائه کرده‌اند. در همین راستا این پژوهشگران تحلیلی از ادغام هنجار و احساسات در سیستم‌های چندعاملی به دست می‌دهند (۱۹).
Lliguin و همکاران (۲۰۱۸) چالش‌های پیش رو در طراحی عامل‌های احساسی_هنجاری را بررسی کرده‌اند و همچنین مزایای گنجاندن احساسات در یک سیستم هنجاری و چگونگی تأثیر این دو را بر یکدیگر از نظر گذرانده‌اند. این پژوهشگران در این راستا:

- روابط بین احساسات و هنجارها را شناسایی و توصیف کردند.
- مدل‌های مختلف عاطفی هنجاری را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دادند.
- مسیرهایی را برای پژوهش‌های آینده در این زمینه ترسیم نمودند (۲۰).

برخی از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه ایجاد مدل‌های احساسی_هنجاری را در جدول ۱ ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱. برخی از مهم‌ترین معماری‌های عامل احساسی_هنجاری

پژوهش	سال	تئوری احساسات	ساختار عامل	پیاده‌سازی هنجار	سناریو
Staller و Petta (۲۱)	۲۰۰۱	Frijda	BDI	If-then-else	کنترل پرخاشگری
Bazzan و همکاران (۲۲)	۲۰۰۳	OCC	-	Normative-Goals	کنترل پرخاشگری
Scheve (۱۷)	۲۰۰۶	Dimentional	SONAR	If-then-else	ارتباطات اجتماعی
Kollmann و همکاران (۲۳)	۲۰۱۶	SiMA	JADE	Normative Goals	اتوماسیون
Bourgais و همکاران (۲۴)	۲۰۱۹	OCC	BDI	Deontic logic	تخلیه فوری

بررسی مدل

هجوم بانکی به وضعیتی گفته می‌شود که در آن سپرده‌گذاران به دلیل ترس از ایمنی سپرده‌های خود، سپرده‌های بانکی خود را برداشت می‌کنند. به طور کلی وحشت فردی در مسائل اقتصادی (ناشی از شایعات) موجب بالا رفتن احتمال انحراف در استدلال و تصمیم‌گیری شده و منجر به ورود و خروج ناگهانی افراد به فضاهای اقتصادی می‌گردد و در نتیجه می‌تواند عواقبی همچون ورشکستگی دومینووار مالی مؤسسات اقتصادی را به همراه داشته باشد. در دوران رکود بزرگ اقتصادی در ایالات متحده و در طول بحران مالی جهانی در ۲۰۰۷ به کرات شاهد چنین اتفاقاتی بوده‌ایم.
رویکرد مدل‌سازی انتخاب شده برای اجرای شبیه‌سازی پدیده هجوم بانکی، ترکیب FSM و مدل Emotion و NOE است.

- **FSM**

ماشین حالت متناهی یک مدل محاسباتی است که می‌تواند برای شبیه‌سازی منطق ترتیبی یا به عبارت دیگر برای نمایش و کنترل جریان اجرا استفاده شود. ماشین‌های حالت محدود می‌توانند برای مدل‌سازی مسائل در بسیاری از زمینه‌ها از جمله ریاضیات، هوش مصنوعی، بازی‌ها یا زبان‌شناسی استفاده شوند.

- **مدل احساسات**

در این مطالعه، مطابق مدل ارائه شده توسط Sakellario و همکاران (۲۵)، احساسات به عنوان اشتیاق (به عنوان میزان برانگیختگی برای انجام عمل) تعریف می‌شوند و حالت مربوطه بر روی عامل‌ها اعمال می‌شود. این حالت‌ها منعکس‌کننده سرعت عامل برای انتخاب حفظ یا

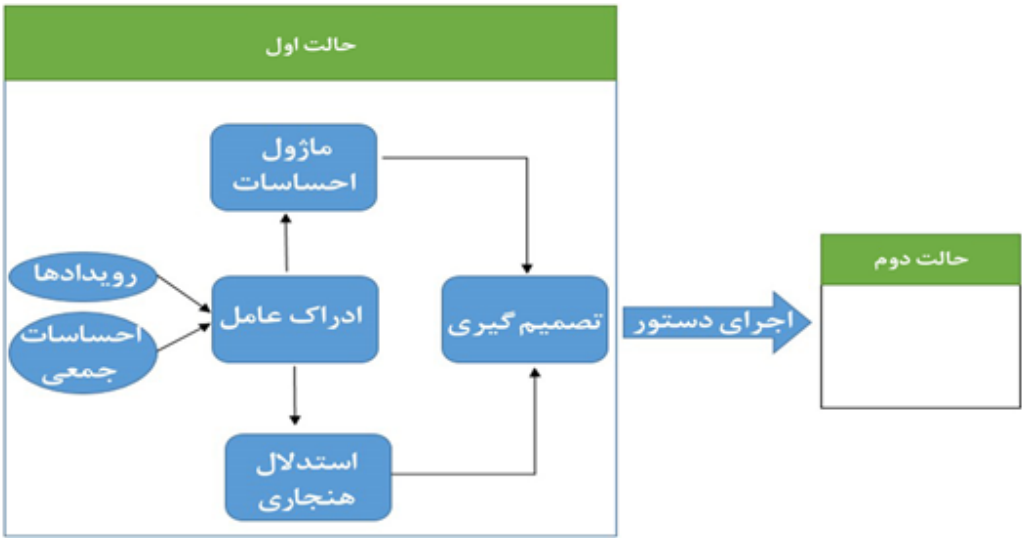
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

تغییر نحوه ارتباط وی با دنیای شبیه‌سازی است. این تمایل به کنش، میزان آمادگی عامل برای استقبال از سایر عامل‌ها و موقعیت‌ها و وقایع را نمایش می‌دهد (۲۶).

• مدل هنجاری NOE

NOE یک معماری عامل هنجاری_عاطفی در جهت بررسی تأثیر متقابل هنجارها و احساسات است. این چهارچوب بر اساس معماری BDI، چرخه عمر هنجار و چرخه عمر احساسات طراحی شده است. عامل NOE احساسات را بر اساس خروجی ارزیابی هنجار، پردازش می‌کند و همانند مدل OCC برای انجام عمل خاص، هم نوع و هم شدت احساسات را در نظر می‌گیرد. بنابراین نقض هنجارها در چنین عاملی موجب بروز احساسات منفی می‌شود (۱۸).

مدل در نظر گرفته شده برای اجرای شبیه‌سازی را به صورت ترکیبی از FSM و Emotion Model و NOE در شکل ۱ ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱. مدل پیشنهادی NOE-FSM

در این مدل مطابق الگوی رفتاری FSM، عامل در هر لحظه در یکی از حالت‌های از پیش تعیین شده (مانند در حال استراحت، درحال رفتن به بانک و ...) قرار دارد و در نتیجه توابع مربوط به همان حالت (ذخیره شده در حافظه عامل) اجرا می‌گردد. همچنین برای انتقال بین دو حالت تابع Transition اجرا شده و کلیه توابع حالت جدید را در حافظه عامل بارگذاری می‌کند (۲۶).

حالات عاطفی به دلیل ادراکات، سرایت احساسات و Mood در معرض تغییر هستند. بنابراین در هر چرخه اجرا سه مرحله برای محاسبه تغییرات عاطفی وجود دارد. مکانیسم اصلی محاسبه این تغییرات عاطفی این است که بردار حالت احساسی در هر مرحله به بردار ورودی نزدیکتر می‌شود و میزان این نزدیکی نیز به شخصیت عامل بستگی دارد. بنابراین برخی از عامل‌ها ممکن است بیشتر از دیگران پذیرای ادراکات محیطی باشند.

مطابق آنچه در (۲۵) ارائه شده است همگرایی بردار عاطفی با بردار ورودی ناشی از ادراکات، سرایت احساسات و Mood به صورت رابطه (۱) نوشته می‌شود.

$$(v'_e, a'_e) = \left(v_e + \frac{f_p^2 \cdot \Delta v}{1 + e^{-f_p \cdot (\Delta v)}},\ a_e + \frac{f_p^2 \cdot \Delta a}{1 + e^{-f_p \cdot (\Delta a)}} \right) \quad (۱)$$

در شبیه‌سازی ماژول هنجار، از مدل NOE الهام گرفته شده است. در آغاز کار دو نوع عامل در محیط شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند: عامل‌های دارای هنجار پیش‌فرض و عامل‌های فاقد هنجار. عامل‌های دارای هنجار با ورود به هر حالت به حافظه هنجاری خود مراجعه می‌کنند

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

تا تشخیص دهند که آیا در یک موقعیت مرتبط با هنجار قرار دارند یا خیر. چنانچه پاسخ مثبت باشد با توجه به میزان نهادینه بودن هنجار مورد نظر در عامل، رفتاری منطبق با هنجار از وی سر خواهد زد.

بنابراین برای بررسی هنجاری بودن هر حالت (State) توسط عامل، ماژول Identification و با افزایش تدریجی هنجار در عامل، ماژول Instantiation و با تغییر رفتاری عامل در اثر وجود هنجارها، ماژول Normative reasoning از مدل NOE فعال‌سازی شده و در نهایت ماژول Norm Fulfillment جهت ارزیابی رعایت یا عدم رعایت هنجار و اعمال پاداش و مجازات مرتبط با آن پیاده‌سازی می‌شود.

سناریوی شبیه‌سازی: سناریوی هجوم بانکی در محیط شبیه‌سازی مبتنی بر عامل Netlogo پیاده‌سازی شده است. در این سناریو که برگرفته از تحقیق Grevenitis و همکاران است، عامل در حرکت بین خانه، بانک و فروشگاه در نظر گرفته می‌شود (۲۶). تعدادی عامل فرعی برای راه‌اندازی شایعات منفی در نظر گرفته شده‌اند که به صورت تصادفی در دنیای شبیه‌سازی حرکت می‌کنند. هنجار مورد نظر در اینجا "برداشت پول نقد تنها به میزان نیاز برای تامین مایحتاج روزانه" تعریف شده است. با قوت گرفتن شایعات، هجوم افراد برای برداشت وجه از بانک آغاز می‌شود، در صورت ورشکستگی یک بانک و رسیدن عامل به مرحله احساسی Panic، سایر بانک‌ها به صورت دومینووار ورشکست خواهند شد.

سه متغیر هنجاری که در پیشگیری از بروز این پدیده ایفای نقش می‌کنند عبارتند از:

- تجربه قبلی عامل از رعایت یا عدم رعایت هنجار
- پیش‌بینی عامل از نتیجه رفتار خود در آینده
- میزان احساس گناه در عامل

در این شبیه‌سازی، احساسات دریافت شده توسط عامل در آخرین موقعیت هنجاری، تجربه قبلی عامل را تشکیل می‌دهد. همچنین لیستی از تجربیات قبلی (احساسات دریافت شده) در حافظه عامل نگهداری می‌شود. به تجربیات نزدیکتر وزن بالاتر و به تجربیات دورتر وزن کمتری اختصاص می‌گیرد. میانگین این لیست پیش‌بینی عامل از آینده رفتار خود را شکل می‌دهد. مانند بسیاری از شبیه‌سازی‌های دیگر میزان احساس گناه در عامل بر اثر عبور از هنجار مقدار ثابتی در نظر گرفته شده است که به صورت تصادفی در میان عامل‌ها توزیع می‌شود.

یافته‌ها

به طور کلی فرآیند آزمایش صورت گرفته در دو مرحله انجام می‌شود:

- آزمایش‌های اولیه برای کالیبره کردن مدل
- فعال‌سازی تدریجی متغیرهای مسئله

آزمایش‌های کالیبراسیون: در طول اجرای تکرارهای کالیبراسیون، انتظار می‌رود که مدل در حالت تعادل باشد. این بدان معنی است که هیچ ورشکستگی بانکی رخ ندهد. در این حالت تعداد عامل‌های فرعی بر روی صفر تنظیم شده است، بنابراین هیچ شایعه‌ای منفی مربوط به بانک‌ها در دنیای شبیه‌سازی وجود ندارد.

اجرای کالیبراسیون با جمعیت ۱۰۰ نفر و بدون هیچ‌گونه سرایت احساسات و استدلال هنجاری انجام می‌گردد. در این حالت ملاحظه می‌شود که علی‌رغم فعال یا غیرفعال بودن استدلال هنجاری و سرایت احساسات، اصطلاحاً مدل در حال تعادل بوده و ذخایر بانکی (bank-reserve) از پول نقد مورد نیاز عامل‌ها (Cash-Need) بالاتر است. همچنین هیچ‌گونه تغییری در مقادیر پیش‌فرض در نظر گرفته شده برای متغیرهای هنجاری مسئله رخ نخواهد داد.

اعمال شایعات منفی: با فعال‌سازی عامل‌های فرعی و پراکنده شدن شایعات منفی احساسات عامل‌ها برانگیخته شده، مقدار متغیر Cash-Need آنها که نمایان‌گر میزان پول نقدی است که عامل با دارا بودن آن احساس امنیت می‌کند، به سرعت افزایش پیدا می‌کند. بنابراین در این حالت، با توجه به تعداد عامل‌های فرعی موجود در محیط شبیه‌سازی، میانگین ورشکستگی بانکی ۳۰ الی ۱۰۰ درصدی را شاهد خواهیم بود (جدول ۲).

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود استدلال هنجاری، که به صورت ماژولی مستقل، پیاده‌سازی شده است در کلیه آزمایشات این مرحله غیرفعال می‌باشد و اجرای شبیه‌سازی بر روی تاثیر تغییرات بردار احساسات عامل (بر اثر شایعات منفی) در ایجاد پدیده هجوم بانکی متمرکز شده است. در راستای بررسی حداکثر تاثیر تغییرات احساسی عامل بر روی این پدیده، در کلیه مراحل آزمایش سرایت احساسات بین عامل‌های مسئله، فعال در نظر گرفته شده است. به این ترتیب هر عامل علاوه بر تأثیرپذیری از شایعات منفی، مطابق رابطه (۱) از احساسات سایر عاملین نیز تأثیر خواهد پذیرفت.

مشخصاً در چنین شرایطی با افزایش تعداد عامل‌های فرعی به عنوان منبع شایعات منفی، در هر Step از اجرای شبیه‌سازی بردار احساسات تعداد بیشتری از عامل‌ها، تحت تاثیر شایعات، به سمت برداری با Valence پایین‌تر و Arousal بالاتر همگرا خواهد شد و همین امر (مطابق رابطه ۲) منجر به برداشت وجه نقد بیشتر توسط عامل‌ها از بانک خواهد گردید.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

بنابراین همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، اجرای شبیه‌سازی با ۵ عامل فرعی (در ۱۰۰ بار تکرار شبیه‌سازی)، به طور میانگین منجر به ورشکستگی ۳۲ درصد از بانک‌ها در بازه میانگین ۲۳ روز پس از آغاز اجرای شبیه‌سازی خواهد شد، با افزایش تعداد عامل‌های فرعی به ۱۵ نفر، این آمار به ۱۰۰ درصد ورشکستگی در میانگین ۶ روز افزایش خواهد یافت.

جدول ۲. نتایج اجرای شبیه‌سازی با جمعیت ۱۰۰ نفر و سرایت احساسات

میانگین روز تا ورشکستگی	میانگین درصد ورشکستگی بانکی	تعداد بانک	سرایت احساسات	تعداد عامل فرعی	استدلال هنجاری
۲۳	۳۲	۵	فعال	۵	غیرفعال
۱۶	۷۱	۵	فعال	۱۰	غیرفعال
۶	۱۰۰	۵	فعال	۱۵	غیرفعال

مطابق شکل ۲، با فعال‌سازی شایعات منفی در خصوص ورشکستگی احتمالی بانک‌ها، مطابق رابطه ۱ مقدار مولفه Valence از بردار احساسی (Valence Arousal) که نشان‌دهنده درصد رضایتمندی عامل از وضعیت فعلی است به سرعت کاهش‌یافته (شکل ۲-b) و مقدار مؤلفه Arousal از این بردار که بیانگر میزان برانگیختگی عامل برای انجام یک عمل است افزایش می‌یابد (شکل ۲-c). رابطه (۲) رابطه مستقیم بردار Arousal با متغیر Cash-Need (این متغیر نشان‌دهنده میزان پول نقدی است که عامل با دارا بودن آن احساس رضایت می‌کند) و رابطه معکوس متغیر Valence با متغیر Wallet-Need (این متغیر نشان‌دهنده درصدی از Cash-Need است که می‌بایست لزوماً عامل به صورت نقدی در Wallet خود داشته باشد) را نمایش می‌دهد.

$$\text{Cash-need}=\text{init-cash} \times (1 + 4\text{Arousal})$$
$$\text{Wallet-need}= -0.25\text{Valence} + 0.75 \quad (۲)$$

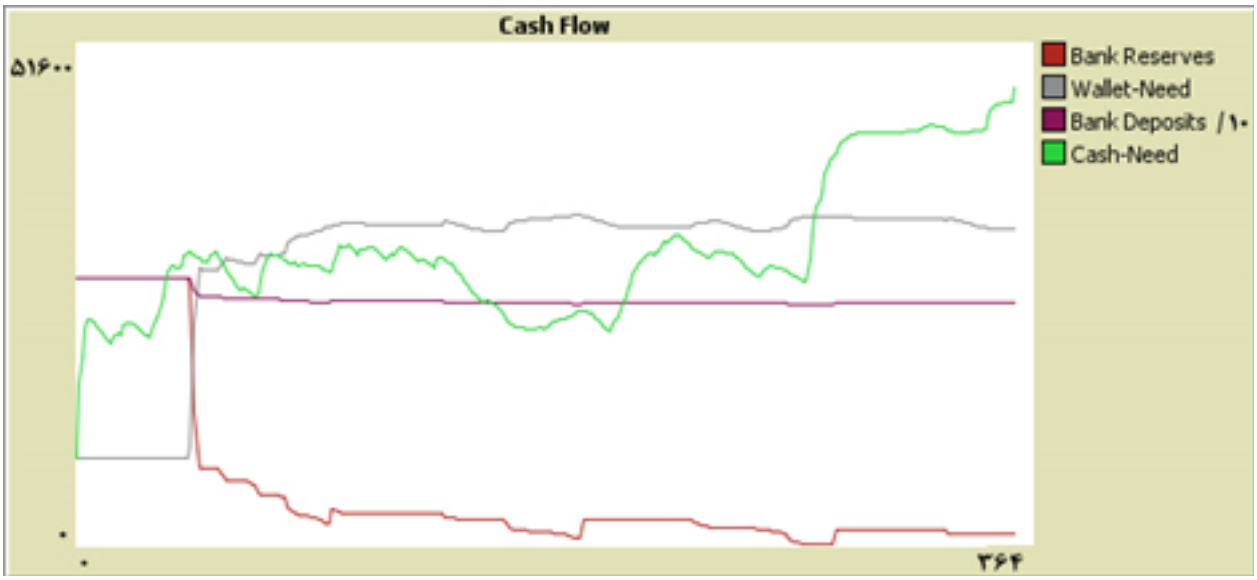
با توجه به رابطه (۲)، در این شرایط میزان احساس نیاز عامل به پول نقد به سرعت افزایش پیدا کرده و خروجی استدلال عامل برای انتخاب State بعدی لزوما رفتن به بانک (go-to-bank) خواهد بود. بارگذاری توابع زیرمجموعه این State در حافظه توسط تابع Transition موجب مراجعه عامل به بانک مرتبط و برداشت پول نقد از حساب خواهد شد که در نتیجه آن میزان متغیر Bank Reserve برای هر بانک به سرعت کاهش پیدا خواهد کرد (تصویر ۲-a).

بنابراین هر چه تعداد عامل‌های فرعی (به عنوان منبع شایعات منفی) در محیط شبیه‌سازی بیشتر باشد، تعداد بیشتری از عامل‌های اصلی جهت برداشت وجه نقد به بانک مراجعه کرده و اصطلاحاً با پدیده هجوم بانکی مواجه خواهیم شد. جدول ۲ میزان ورشکستگی بانکی را در این شرایط نمایش می‌دهد.

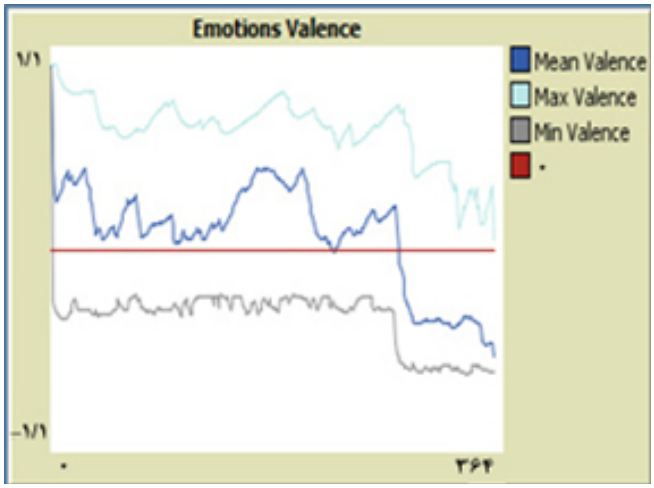
همچنین در بررسی شکل ۲ توجه به این نکته ضروری است که بیشترین مقدار برانگیختگی (max-arousal) و کمترین میزان احساس رضایت از وضعیت موجود (min-valance) بر اثر قرار گرفتن عامل در ترکیبی از شرایط زیر اتفاق می‌افتد:

- تأثیرپذیری بالاتر عامل، به عنوان یک ویژگی شخصیتی
- حضور تعداد بیشتری از عامل‌های فرعی در شعاع دید (شعاع تاثیرپذیری) عامل مورد نظر
- بالاتر بودن میزان احساسات منفی سایر عامل‌های اصلی حاضر در شعاع دید عامل مورد نظر (سرایت احساسات)

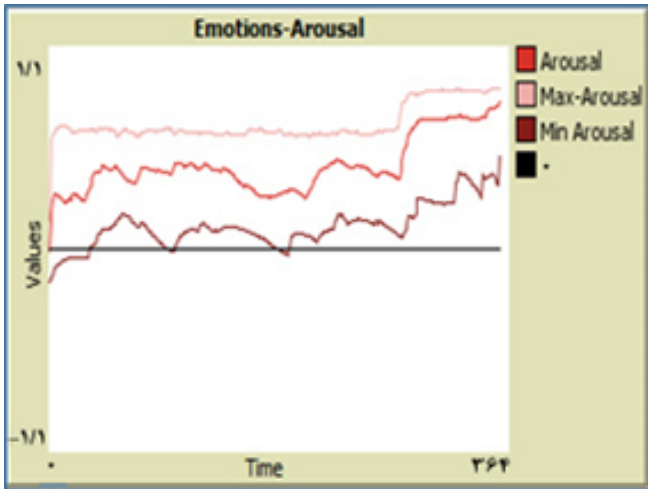
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



(a)



(b)



(c)

شکل ۲. تغییرات نمودار گردش مالی و مؤلفه‌های بردار احساسات عامل با فعال‌سازی شایعات (۱)

فعال‌سازی استدلال هنجاری: با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۲، برای بررسی میزان تأثیر متغیرهای هنجاری، با استفاده از ۱۵ عامل فرعی و فعال بودن سرایت احساسات، مدل را در حالتی کالیبره می‌نماییم که با نرخ ورشکستگی بانکی ۱۰۰ درصد مواجه باشیم. همچنین مقدار اولیه دو متغیر init-norm و init-agreeble که به ترتیب معرف میزان نهادینه بودن هنجار در یک عامل و میزان ویژگی شخصیتی Agreeableness در عامل می‌باشد، در حد میانگین (۰/۵) در نظر گرفته شده‌اند. در چنین حالتی مکرراً از سه متغیر تجربه قبلی، پیش‌بینی آینده عبور از هنجار و میزان احساس گناه در زمان عبور از هنجار، برای تصمیم‌گیری‌های بعدی عامل استفاده می‌شود. نتایج اجرای شبیه‌سازی کاهش نرخ ورشکستگی بانکی را به موازات افزایش جمعیت هنجاری اولیه نشان می‌دهد (جدول ۳).

مطابق جدول ۳، فرایندهای نظام مجازات و نظام پاداش که مبنای کارهای آینده این پژوهش می‌باشند، غیرفعال در نظر گرفته شده‌اند. مثال‌های عینی برای این دو فرایند می‌تواند، تنظیم مجازات دولتی برای عبور از هنجار مورد بحث و نیز در نظر گرفتن سیستم تشویقی برای عامل‌هایی که بالاتر از میانگین نهادینگی هنجار در جامعه عمل می‌کنند، باشد.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

با در نظر گرفتن ۲۰ درصد از جمعیت کل شبیه‌سازی (۱۰۰ عامل اصلی) به عنوان گروهی از عامل‌ها که هنجار مورد نظر در آنها به مقدار اولیه Ni نهادینه شده است (Niϵ [۰،۱]) و در نظر گرفتن مقدار تصادفی برای میزان نهادینگی اولیه هنجار در این جمعیت در بازه [۰، ۰/۳] همچنان با میانگین ورشکستگی بانکی ۱۰۰ درصد مواجه خواهیم بود. بنابراین تغییر محسوسی نسبت به نتایج اجرای همین آزمایش بدون فعال‌سازی استدلال هنجاری حاصل نخواهد شد (با نتایج جدول ۲ مقایسه شود). با افزایش جمعیت هنجاری اولیه به ۵۰ درصد، میزان ورشکستگی بانکی از مقدار ۱۰۰ درصد (در جدول ۲) به ۵۴ درصد در میانگین زمان ۲۲ روز پس از آغاز شبیه‌سازی تنزل پیدا خواهد کرد و در نهایت با در نظر گرفتن میزان ۷۵ درصد برای جمعیت هنجاری اولیه، ورشکستگی بانکی به طور کامل مهار خواهد شد.

جدول ۳. نتایج شبیه‌سازی با فعالسازی استدلال هنجاری

میانگین روز تا ورشکستگی	میانگین درصد ورشکستگی بانکی	درصد اولیه جمعیت هنجاری	حداکثر میزان نهادینگی اولیه هنجار (Ni)	نظام مجازات	نظام پاداش	استدلال هنجاری
۶	۱۰۰	۲۰	۰/۳	غیر فعال	غیر فعال	فعال
۲۲	۵۴	۵۰	۰/۳	غیر فعال	غیر فعال	فعال
-	۰	۷۵	۰/۳	غیر فعال	غیر فعال	فعال

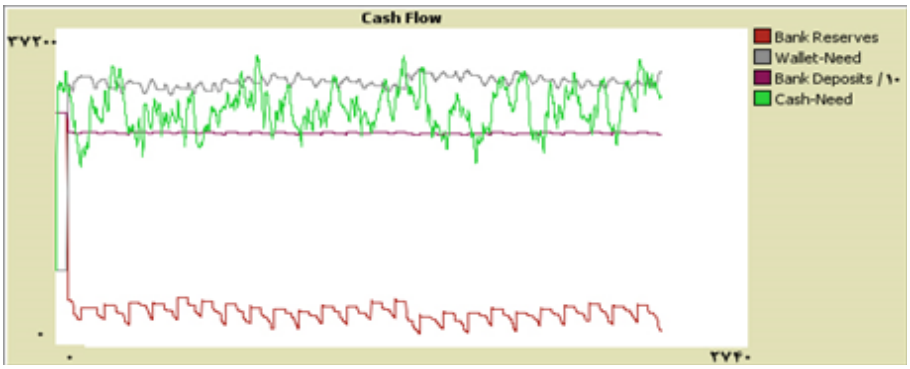
همان‌طور که در شکل ۳-b ملاحظه می‌شود، با فعال‌سازی استدلال هنجاری، درصدی از جمعیت اولیه که دارای هنجار مورد نظر هستند (هنجار تعریف شده در اینجا برداشت پول نقد تنها به میزان نیاز برای تامین مایحتاج روزانه است) اثر افزایشی خود را بر ایجاد و تقویت هنجار ذکر شده در عامل‌های فاقد هنجار، مطابق رابطه ۳، آغاز می‌کنند، بنابراین میزان نهادینگی هنجار (Nϵ[0,1]) در عامل ذکر شده (به عنوان کمیت اسکالر) به سمت میانگین نهادینگی هنجار در جامعه گرایش پیدا می‌کند. افزایش نسبی میانگین نهادینگی هنجار در جامعه مطابق تصویر ۳-b مؤید همین نکته می‌باشد.

$$N_{new} = N_{old} + \frac{AGR^2.\ \Delta N}{1 + e^{-AGR.(|\Delta N|-1)}} \quad (۳)$$

AGR: میزان Agreeableness عامل

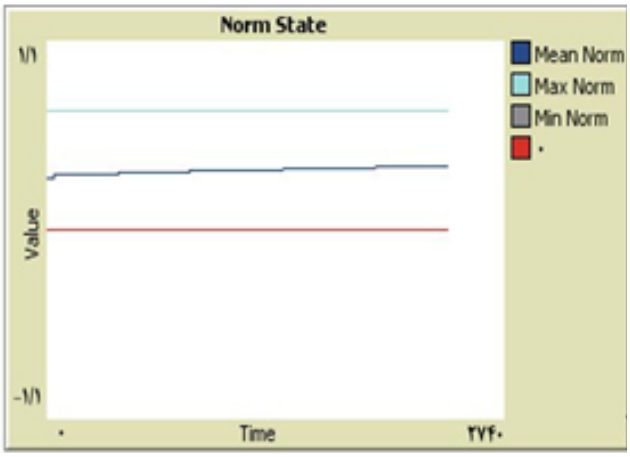
N: میزان نهادینگی هنجار مورد بحث در عامل

ΔN: میانگین نهادینگی هنجار مورد بحث در جامعه

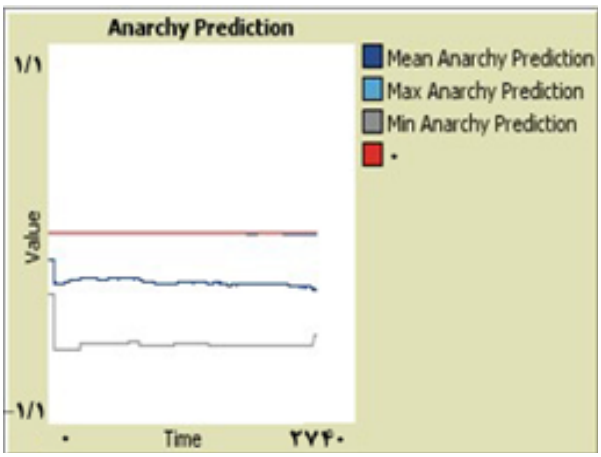


(a)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.



(b)



(c)

شکل ۳. تغییرات متغیرهای هنجاری و گردش مالی با فعال‌سازی استدلال هنجاری

همچنین از آنجا که بخشی از فعالیت‌های روزانه هر عامل به تعامل با سایر عامل‌ها اختصاص پیدا می‌کند، با افزایش میزان نهادینگی هنجار در جامعه، مقدار عددی پیش‌بینی عامل از وخامت پیامدهای عبور از هنجار، به سمت عدد ۱- گرایش پیدا می‌کند (شکل ۳-c). به این ترتیب که در زمان تعامل هر عامل با سایر عامل‌ها مقدار عددی ΔNi- به پشته پیش‌بینی عامل از آینده اضافه خواهد شد، ΔNi در اینجا میانگین نهادینگی هنجار در عامل‌هایی است که در شعاع فیزیکی دید عامل جاری قرار دارند.

فعال‌سازی استدلال هنجاری موجب خواهد شد که عامل در هر لحظه، مرتبط بودن State جاری را با هنجار تعریف شده در حافظه خود بررسی نماید، در این سناریو (با توجه به هنجار مورد نیاز)، State رفتن به بانک (go-to-bank) و زیر مجموعه‌های آن به عنوان Normative-State تعریف شده‌اند. بنابراین میزان نهادینگی هنجار در عامل و همچنین پیش‌بینی عامل از پیامد عبور از هنجار، از طریق تأثیر بر روی متغیر Cash-Need و Wallet-Need در میزان برداشت وجه نقد توسط وی مؤثر واقع خواهند شد. افزایش و کاهش متناوب مقادیر Cash-Need و Bank-Reserve در شکل ۳-a، نمایان‌گر تأثیر (و تعارض) بردار احساسات عامل (در حالت صعودی) و استدلال هنجاری (در حالت نزولی) بر این دو متغیر می‌باشد. بنابراین مطابق جدول ۳، با در نظر گرفتن درصد جمعیت هنجاری اولیه مناسب، استدلال هنجاری می‌تواند از طریق کاهش میزان برداشت وجه نقد از بانک، از ورشکستگی بانکی به طور کامل جلوگیری نماید.

بحث

در مرحله کالیبراسیون ملاحظه می‌شود که مدل در حال تعادل بوده و به این ترتیب عامل‌ها برای تأمین نیازهای خود با پرداخت نقدی، از بانک پول برداشت می‌کنند که در پایان هر روز شبیه‌سازی آن پول نقد توسط فروشگاه‌ها مجدداً به بانک واریز می‌شود. در حالت فعال‌سازی شایعات مهمترین نکته قابل توجه این است که هرچه تعداد عامل‌های فرعی بالاتر باشد، با توجه به همگرایی بیشتر بردار (Arousal و Valence) به سمت بردار ورودی ادراک عامل، تمایل عامل به برداشت وجه نقد بالاتر رفته و احتمال ورشکستگی بانکی بیشتر خواهد بود.

در حالت فعال‌سازی استدلال هنجاری، مهمترین فاکتور تأثیرگذار بر نتیجه شبیه‌سازی، تعداد عامل‌هایی است که در آغاز شبیه‌سازی، هنجار مورد نظر را قبول نموده‌اند. در نتایج ارائه شده در جدول ۳ نیز ملاحظه می‌شود که هرچه تعداد عامل‌های هنجاری اولیه بالاتر باشد، احتمال ورشکستگی بانکی پایین‌تر خواهد بود.

نکته قابل توجه این است که پدیده ورشکستگی بانکی عموماً در بازه زمانی کوتاهی رخ می‌دهد. بدین ترتیب که بلافاصله پس از ایجاد شایعات منفی، احساسات منفی مرتبط با آن در سطح جامعه ایجاد شده و ظرف مدت کوتاهی برداشت وجه از بانک‌ها آغاز می‌شود. به طور قطع در چنین بازه زمانی فرصت چندانی برای رشد هنجار مورد نظر در فرد وجود ندارد و مؤثرترین عامل در نتیجه شبیه‌سازی، تعداد افرادی است که از قبل به دلایل مختلف هنجار مورد نظر را پذیرفته‌اند. رشد بسیار کم میزان متغیرهای هنجاری در این حالت مؤید همین نکته می‌باشد.

توجه شود که نتایج شبیه‌سازی در شرایطی حاصل شده‌اند که مقدار اولیه نهادینگی هنجار در عامل و همچنین مقدار اولیه Agreeableness در حد میانگین در نظر گرفته شده‌اند. اعمال تغییر در هر یک از این

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

متغیرها می‌تواند موجب تغییراتی در نتایج شبیه‌سازی شود که موضوع بحث این مقاله نیست. در نهایت ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که در نظر گرفتن نظام پاداش و مجازات در برابر رعایت یا عبور از هنجار می‌تواند باعث تغییرات محسوس‌تری در متغیرهای هنجاری در نظر گرفته شده برای عامل شده و در نتیجه رفتار هنجاری عامل را تقویت نماید. بنابراین بررسی نقش نظام پاداش و مجازات در نتایج شبیه‌سازی می‌تواند موضوع تحقیق جداگانه‌ای قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله اعمال مدل عامل احساسی_هنجاری، بر روی یک مشکل کلان اقتصادی بررسی شده است. پدیده اقتصادی هجوم بانکی مستقیماً با احساسات سپرده‌گذاران در ارتباط است. برای این شبیه‌سازی مدلی از ترکیب ماشین حالت متناهی و معماری NEO پیشنهاد شده است.

مجموعه‌ای از آزمایش‌ها در شرایط مختلف و با چندین تکرار از هر یک از این شرایط اجرا شدند. در آزمایش‌های ابتدایی ملاحظه شد که در زمان ایجاد شایعات قوی (۱۵ عامل فرعی)، به سرعت احساسات عامل‌ها تحریک شده و اقدام به برداشت موجودی بانکی می‌کنند. در این آزمون‌ها ویژگی‌های شخصیتی عامل‌ها نظیر میزان تأثیرپذیری و هوش آنها نیز در نظر گرفته شد. با ورشکستگی اولین بانک، حالت Panic در عامل‌هایی که این رویداد را درک کردند ایجاد شده و موجب افزایش ناگهانی برداشت سپرده و در نهایت ورشکستگی بانکی گشت.

با کالیبره کردن مدل برای رخ دادن قطعی سناریوی بالا، سؤال اصلی این پژوهش یعنی نحوه تأثیر هنجارهای اجتماعی بر روی پدیده‌های منفی اقتصادی، با سلسله آزمایشات گوناگون در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

با در نظر گرفتن قانون "عدم برداشت وجه از بانک در صورت عدم نیاز" به عنوان یک هنجار، ماژول هنجاری اصلی استدلال هنجاری، فعال شده و بر روی متغیرهای اصلی مسئله مانند پیشبینی عامل از آینده و همچنین تجربه گذشته عامل در مورد عبور از هنجار تأثیر گذاشت.

متغیرهای هنجاری نیز به نوبه خود با تأثیر بر روی رفتار عامل در زمان مواجهه با موقعیت مرتبط با هنجار، موجب ایجاد تغییراتی در نتیجه آزمایش شدند. نتایج آزمایشات صورت گرفته نشان داد که:

در شرایطی که تعداد افرادی که یک هنجار را پذیرفته‌اند نسبت به کل جمعیت بسیار پایین است (۲۰ درصد)، استدلال هنجاری به تنهایی نمی‌تواند موجب جلوگیری از بروز ورشکستگی بانکی شود. در چنین حالتی سرعت رخ دادن پدیده اقتصادی بسیار بیشتر از روند فراگیر شدن هنجار در جامعه می‌باشد. در شرایطی که حداقل نیمی از افراد جامعه هنجار مورد نظر را پذیرفته باشند، فعال‌سازی استدلال هنجاری به سرعت میزان احتمال ورشکستگی بانکی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق در پژوهش

در این مقاله از پرسشنامه استفاده نشده و حریم خصوصی افراد نقض نگردیده است. نحوه ارائه گزارشات تنها مبتنی بر اجرای مکرر شبیه‌سازی بوده و هیچ‌گونه ملاحظه اخلاقی در انجام این پژوهش دخیل نبوده است.

مشارکت نویسندگان

کلیه نویسندگان در انجام پژوهش حاضر مشارکت کردند و در نوشتن مقاله سهم برابر داشته‌اند.

منابع مالی

پژوهش حاضر با استفاده از منابع مالی شخصی مولفین انجام شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس خود را از کلیه کسانی که در به ثمر رسیدن این پژوهش همراه بوده‌اند، به عمل می‌آورند.

تعارض منافع

نویسندگان مقاله حاضر اعلام می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در نگارش این پژوهش وجود ندارد.

References

1. Schermer B. Software agents, surveillance, and the right to privacy: A legislative framework for agent-enabled surveillance. Leiden:Leiden University Press;2007. pp. 205-244.

2. Russell S, Stuart J. Artificial intelligence: A modern approach.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Upper Saddle River:Prentice Hall;2010.

3. Steunebrink B, Dastani M, John-Jules M. A logic of emotions for intelligent agents. The 22nd National Conference on Artificial Intelligence; 2007 Jul 22, Menlo Park, CA; Cambridge, MA; London:AAAI Press:MIT Press;2007. pp. 142-147.

4. Pereira D, Oliveira E, Moreira N, Sarmento L. Towards an architecture for emotional BDI agents. Purtuguese Conference on Artificial Intelligence. 2005 December 5-8; Covilha, Portugal:IEEE;2005. pp. 5-8.

5. Steunebrink BR, Dastani M, Meyer JJ. The OCC model revisited. In Proceeding of the 4th Workshop on Emotion and Computing; 2009 Sep 15; USA, Palo Alto;2009. pp. 62.

6. Mehrabian A. Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology*. 1996;14:261-292.

7. Tony B, Savarimuthu R, Cranefield S, Purvis M. Internal agent architecture for norm identification. In Coordination, Organizations, Institutions and Norms in Agent Systems. V:COIN International Workshops; 2009 July; USA, Pasadena;2010. pp. 241-256.

8. Boella G, Van Der Torre L, Verhagen H. Introduction to the special issue on normative multiagent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2008;17:1-10.

9. Bosse T, Duell R, Memon ZA, Treur J, Van der Wal CN. Agent-based modeling of emotion contagion in groups. *Cognitive Computation*. 2015;7:111-136.

10. Bookstaber R. Agent-based models for financial crises. *Annual Review of Financial Economics*. 2017;9:85-100.

11. Ahmadian A. Bank raid in the framework of stochastic dynamic general equilibrium model for Iran. *Economic Policy Journal*. 2014;1(11):103-114. (Persian)

12. Chan-Lau MJ. ABBA: An agent-based model of the banking system. IMF:International Monetary Fund;2017.

13. Mansouri S, Azar A, Divandari A, Ramezanian R. Agent-Based simulation of banking service supply chain based on service-dominant logic. *Journal of Business Management*. 2017;9(3):661-688. (Persian)

14. Tyrychtr J, Pelikan M. Multi-Agent System in smart economic system. In Intelligent Systems Applications in Software Engineering: Proceedings of 3rd Computational Methods in Systems and Software. 2019;1(3):434-442.

15. Minarsch D, Favorito M, Hossini A. Autonomous Economic Agent Framework. Engineering Multi-Agent Systems: 9th International Workshop, EMAS 2021, Virtual Event; 2021 May 3-4;2021. pp. 237-253.

16. Steinbacher M, Raddant M, Karimi F, Camacho Cuena E, Alfarano S, Iori G, et al. Advances in the agent-based modeling of economic and social behavior. *SN Business & Economics*. 2021;1(7):99.

17. Scheve C. Social norms and emotions. Bi-Annual Conference of the International Society for Research on Emotion; 2015 July 8-10; Geneva, Switzerland;2015. pp. 142-147.

18. Tzeng ST, Ajmeri N, Singh MP. Noe: Norms emergence and robustness based on emotions in multiagent systems. *arXiv preprint arXiv*;2021. pp. 62-77.

19. Argente E, Del Val E, Perez-Garcia D, Botti V. Normative emotional agents: A viewpoint paper. *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2020;13(3):1254-1273.

20. Lliguin KY, Botti V, Argente E. Challenges on Normative Emotional Agents. 15th European Conference, EUMAS 2017, and 5th International Conference; 2017 December 14-15; France, Evry:Springer;2017. pp. 538-551.

21. Staller A, Petta P. Introducing emotions into the computational study of social norms: A first evaluation. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2001;4(1):U27-60.

22. Bazzan AL, Adamatti DF, Bordini RH. Extending the computational study of social norms with a systematic model of emotions. In Advances in Artificial Intelligence: 16th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence. 2002;16:108-117.

23. Kollmann S, Siafara LC, Schaat S, Wendt A. Towards a cognitive multi-agent system for building control. *Procedia Computer Science*. 2016;88:191-197.

24. Bourgais M, Taillandier P, Vercouter L. Ben: An agent architecture for explainable and expressive behavior in social

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

simulation. In Explainable, Transparent Autonomous Agents and Multi-Agent Systems: First International Workshop;2019. pp. 147-163.

25. Sakellariou I, Kefalas P, Savvidou S, Stamatopoulou I, Ntika M. The role of emotions, mood, personality and contagion in multi-agent system decision making. In Artificial Intelligence Applications and Innovations: 12th IFIP WG 12.5 International Conference and Workshops, AIAI; 2016 September 16-18; Greece, Thessaloniki;2016. pp. 359-370.

26. Grevenitis K, Sakellariou I, Kefalas P. Emotional agents make a (Bank) run. In Multi-Agent Systems and Agreement Technologies: 17th European Conference, EUMAS 2020, and 7th International Conference, AT 2020 September 14-15, Greece, Thessaloniki;2020. pp. 171-187.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.