

An analysis of Nash, Berge, and Greedy equilibrium in the context of a mixed game involving monetary and financial policymakers in normal form: An application of the Prisoner's Dilemma

Davoud Mahmoudinia*¹, Davoud Foroutannia²

Received: 10-05-2024

Accepted: 12-08-2024

Extended Abstract

Purpose: During the last decades, the strategic interaction between the monetary authority, i.e. the central bank, and the financial authority, i.e. the central government, has attracted the attention of many economic policymakers, in both developing and advanced countries. A method that plays an important role in the analysis of the strategic confrontation between these two institutions is analysis based on the game theory. This theory has wide applications in various branches of science, including economics, engineering, biology, political science, and military science. The behaviour of each person or player is not only affected by the individual's own decisions, but also it depends on the behaviour and decisions of other players.

The government aims to foster robust economic growth through budgetary expenses, while the central bank aims to maintain the stability of inflation through interest rate mechanisms. Studies show that the different goals of the central bank and the government are a challenge for the economic stability of a country. The optimal solution for officials is to coordinate their actions and decisions, because coordination improves the situation of the decision makers in both arenas. In Iran's economy, the issue of coordination or lack of it in the implementation of macroeconomic policies is of particular importance for monetary and financial authorities. Therefore, in this study, the interaction between these two groups of authorities is investigated through the game theory in normal forms.

Methodology: Regarding policy coordination between the government and the

¹. Corresponding Author. Associate Professor, Department of Economic, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

Email: d.mahmoudinia@vru.ac.ir

². Associate Professor, Department of Mathematics, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

Email: foroutan@vru.ac.ir

central bank, there are two types of strategic interaction, which are very useful and important in the analysis of equilibrium solutions. One includes non-cooperative games between two officials, and the other includes cooperative games. The games in which joint action contracts are applicable are called cooperative games, but the games in which such joint actions are not possible and individual participants must be allowed to act in their own interests are called non-cooperative games.

To establish equilibrium in this game, three concepts are used, including Nash equilibrium, Berge equilibrium and Greedy Scaler equilibrium. In a Nash case, each player individually and self-interestedly seeks to maximize his profit. Conversely, in Berge equilibrium, players exhibit altruistic behaviours versus their opponents. In Greedy equilibrium, however, players engage in a semi-cooperative game, striving to advance their shared interests through the formation of coalitions. Also, the Prisoner's Dilemma has been investigated for the strategic confrontation of the two groups of policy makers. This game is a classic cooperation and choice problem based on the assumption of selfish human motives. Blinder (1983) designed a policy decision-making problem in the framework of the Prisoner's Dilemma.

Findings and discussion: The outcomes of this game reveal that, in a two-strategy situation, the Nash equilibrium occurs when both the government and the central bank adopt contractionary policy strategies. In this game, the economy does not enter into the prisoner's dilemma, but it is the Pareto optimal. Conversely, in the Berge equilibrium, the scenario arises where the government pursues an expansionary fiscal strategy while the central bank implements a contractionary monetary strategy. In addition, many situations of Greedy equilibrium include both Nash and Berge equilibria. The results for Iran's economy show that the implementation of a balanced and optimization Nash policy by the government and the central bank (contraction fiscal and monetary policy) brings the most benefits for the government. The implementation of an optimal Berge policy by the government and the central bank involves the most benefits for the central bank. However, the results show that, in the first scenario, based on the reviewed information, there are two Greedy equilibria, Nash equilibrium and Berge equilibrium. The first Greedy equilibrium corresponds to the Nash equilibrium, and the second one corresponds to the Berge equilibrium. Therefore, if the government and the central bank follow a semi-cooperative game, both Nash and Berge equilibria can be reached. The equilibrium extracted from the second scenario is more beneficial than the one from the first scenario. Also, in the semi-cooperative game, a more favourable balance can still be achieved. So, the government and the central bank seek the highest profit by forming a coalition and cooperating with each other.

During the first development plan, the Nash equilibrium brings the most economic growth for the government, and, during the third and fourth development plans, the central bank faces the lowest inflation in the Nash equilibrium. However, in the Berge balance, the government experiences the highest economic growth in the third development plan. In this situation, the central bank sees the lowest level of inflation

in both the third and fourth development plans. In addition, in the optimal Nash equilibrium, compared to the other equilibria, the government achieves the maximum result, and, in the optimal policy of the central bank, it will achieve the lowest inflation.

Conclusions and policy implications: It is suggested to the policymakers to pay attention to the type of game designed in adopting their policies. So, if these authorities seek to achieve a non-cooperative game, they should follow the strategy of contractionary monetary and financial policies. Also, to reach an altruistic equilibrium and mutual support, the central bank should follow a contractionary monetary policy, and the government should follow an expansionary fiscal policy. For future studies, it is suggested that the role of a third actor, such as speculators or parliament (legislature), be seen in the game between the government and the central bank.

Keywords: Game theory, Nash equilibrium, Berge equilibrium, Greedy equilibrium, prisoner's dilemma, monetary and financial policy

JEL Classification: O53, E6, E52, C71, C72.

تعادل نش، برگ و حریصانه در چارچوب بازی ترکیبی بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی در فرم نرمال: کاربردی از بازی معمای زندانی

داود محمودی‌نیا^{۱*}، داود فروتن‌نیا^۲

دریافت: ۱۴۰۳-۰۲-۲۱

پذیرش: ۱۴۰۳-۰۵-۲۲

چکیده

در این مطالعه تعامل استراتژیک بین دو مقام پولی (بانک مرکزی) و مالی (دولت) در چارچوب نظریه بازی در فرم نرمال مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای دستیابی به تعادل در این بازی از سه مفهوم تعادلی در نظریه بازی از جمله تعادل نش، تعادل برگ و تعادل برداری حریصانه استفاده شده است. در تعادل نش هر بازیکن به طور فردی به دنبال حداکثر کردن سود خود است، اما در تعادل برگ بازیکنان یک رفتار نوع دوستانه (حمایت متقابل) را در مقابل رقیب خود اعمال می‌کنند و از طرف دیگر در تعادل برداری حریصانه بازیکنان وارد یک بازی شبه‌همکارانه می‌شوند. نتایج این بازی نشان می‌دهد که تعادل نش جایی است که دولت و بانک مرکزی هر دو استراتژی سیاست انقباضی را دنبال می‌کنند. از طرف دیگر تعادل برگ جایی است که دولت استراتژی سیاست مالی انبساطی و بانک مرکزی استراتژی سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کند و تعادل حریصانه شامل هم تعادل نش و هم تعادل برگ است. همچنین نتایج برای اقتصاد ایران نشان می‌دهد که اجرای یک سیاست تعادلی و بهینه نش توسط دو سیاستگذار برای دولت بیشترین مطلوبیت را به همراه دارد و از طرف دیگر اجرای یک سیاست تعادلی و بهینه برگ توسط دولت و بانک مرکزی بیشترین پیامد را برای بانک مرکزی به همراه دارد. همچنین در این بازی‌ها اقتصاد وارد بازی معمای زندانی نمی‌شوند.

واژگان کلیدی: نظریه بازی، تعادل نش، تعادل برگ، تعادل حریصانه، سیاست پولی و مالی.

طبقه‌بندی JEL: O53، E6، E52، C72، C71

^۱. نویسنده مسئول. دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران d.mahmoudinia@vru.ac.ir

^۲. دانشیار، گروه ریاضی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران foroutan@vru.ac.ir

۱- مقدمه

در طی دهه‌های اخیر تعامل استراتژیک بین دو مقام پولی یعنی بانک مرکزی و مالی یعنی دولت مرکزی و همچنین درجه استقلال یا وابستگی بین این دو نهاد توجه بسیاری از سیاست‌گذاران اقتصادی چه در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران و چه در کشورهای پیشرفته را به خود جلب کرده است (استاوسکا و همکاران^۱، ۲۰۲۳؛ توکلیان و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از روش‌هایی که نقش مهمی در تجزیه و تحلیل تقابل استراتژیک بین این دو نهاد ایفا می‌کند، به کارگیری روش تحلیلی بر اساس نظریه بازی^۲ است (آفونسو و همکاران^۳، ۲۰۱۹؛ انجوردا و همکاران^۴، ۲۰۱۶؛ ون‌آرله و همکاران^۵، ۱۹۹۵). نظریه بازی کاربردهای گسترده‌ای در شاخه‌های مختلف از علوم از جمله اقتصاد، علوم مهندسی، زیست‌شناسی، علوم سیاسی، علوم نظامی و غیره دارد به طوری که رفتار هر فرد یا بازیکنان نه تنها متأثر از تصمیمات خود فرد است بلکه به رفتار و تصمیمات سایر بازیکنان نیز وابسته است. در چارچوب نظریه بازی سارجنت و والاس^۶ (۱۹۸۱) ادعا می‌کنند که در سیاست مالی همراه با کسری بودجه مزن مقام پولی نمی‌تواند در بلندمدت کنترلی بر تورم داشته باشد. کیدلند و پرسکات^۷ (۱۹۷۷) مسئله ناسازگاری زمانی^۸ در سیاست‌گذاری دولت را مطرح کردند. بر اساس مطالعه استاوسکا و همکاران (۲۰۲۳) و کوتنر^۹ (۲۰۰۲) اهداف (و/یا ترجیحات) متفاوت بانک مرکزی و دولت چالشی در زمینه ثبات اقتصاد یک کشور است. راه حل بهینه برای مقامات این است که اقدامات و تصمیمات خود را هماهنگ کنند، زیرا هماهنگی وضعیت هر دو تصمیم‌گیرنده را

1. Stawska et al. (2019)

2. Game Theory

3. Afonso et al. (2019)

4. Engwerda et al. (2013)

5. Van Aarle et al. (1995)

6. Sargent & Wallace (1981)

7. Kydland & Prescott (1977)

8. Time Inconsistency

ناسازگاری زمانی، به وضعیتی اطلاق می‌شود که در آن دولت یک نوع سیاست‌گذاری صلاح‌دید را به کار می‌گیرد و به دلیل عدم ترسیم اطلاعات آینده، نمی‌تواند به طور کامل اطلاعات سیاست‌های آتی را در اختیار کارگزاران اقتصادی قرار دهد.

9. Kuttner (2002)

بهبود می‌بخشد به گونه‌ای که هرچه اختلاف بین ترجیحات بانک مرکزی و دولت بیشتر باشد، ترکیب سیاست‌های اجرایی نامطلوب‌تر است.

با این حال در این تعاملات سیاست‌گذاران اقتصادی به دنبال پاسخ به این سوال هستند که تحت چه استراتژی و سیاست‌هایی، این بازیکنان می‌توانند با استفاده از ابزارهای سیاست‌های پولی و مالی، به دنبال نرخ‌های بهینه و مطلوب برای رشد اقتصاد و تورم باشند (استاوسکا و همکاران^۱، ۲۰۱۹؛ دیکسیت و لامبرتینی^۲، ۲۰۰۳). سیاست‌گذاران و اقتصاددانان تقریباً در تمامی کشورهایی که سیاست‌های پولی و مالی مستقلی را اجرا می‌کنند، معتقدند که کشورهایشان از کسری بودجه و نرخ‌های بهره واقعی بالا رنج می‌برند که این عوامل پیامدهایی از جمله از بین رفتن سطح مطلوب سرمایه‌گذاری خصوصی و رشد بلندمدت تولید بالقوه را به همراه دارد (نوردهاوس^۳، ۱۹۹۴). با این حال دستیابی به اهداف مدنظر مقامات پولی و مالی مستلزم استفاده از ابزارهای سیاستی مناسب و مطلوب جهت اثر بخشی بالای سیاست‌های پولی و مالی است اما رسیدن به این اهداف نیازمند هماهنگی میان دو سیاست‌گذار حوزه پولی و مالی است. کامینسکی و همکاران^۴ (۲۰۰۴) نشان دادند که سیاست مالی در بسیاری از اقتصادهای در حال توسعه و نوظهور، با افزایش مخارج دولت در طول دوره رونق اقتصادی، از نوع سیاست‌های موافق چرخه‌ای^۵ هستند. در این صورت بار تثبیت اقتصاد کلان بر دوش بانک مرکزی خواهد بود؛ که باید سیاست پولی بیش از حد انقباضی را اجرا کند. نرخ‌های بهره بالا و اثر برون رانی^۶ ناشی از این ترکیب سیاست‌ها می‌تواند رشد اقتصادی بلندمدت را کاهش دهد. از سوی دیگر، شکست بانک مرکزی در پیگیری یک سیاست انقباضی مناسب

¹. Stawska et al. (2019)

². Dixit & Lambertini (2003)

³. Nordhaus (1994)

⁴. Kaminsky et al. (2004)

⁵. Procyclical

سیاست‌های موافق چرخه‌ای یا سیاست‌های مالی دوره ای زمانی است که دولت‌ها تصمیم می‌گیرند در دوره رونق مخارج دولت را افزایش دهند و مالیات‌ها را کاهش دهند، اما در دوران رکود، مخارج را کاهش دهند و مالیات‌ها را افزایش دهند.

⁶. Crowding out Effect

بر این اساس زمانی که اقتصاد در تعادل باشد، اگر افزایش مخارج دولت با افزایش در حجم پول دنبال نشود، منجر به افزایش نرخ بهره و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری بخش خصوصی می‌شود.

اهداف تثبیت اقتصاد کلان را به خطر می‌اندازد (دمید^۱، ۲۰۱۸). در مباحث پیرامون مسئله انتخاب ترکیب سیاست پولی و مالی در ارتباط با استقلال بانک مرکزی دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. دیدگاه‌های موافق با اثربخشی بیشتر استقلال بانک مرکزی در مقابله با تورم، به تغییرپذیری کمتر تورم و همچنین تأثیر مثبت بر تولید اشاره داشت. اما مخالفان بیان می‌کنند که استقلال بانک مرکزی ممکن است مشکلات قطعی در هماهنگی سیاست پولی و مالی ایجاد کند و منشأ این مشکلات نیز در اهداف مختلف مقامات پولی و مالی و در ارزیابی‌های متفاوت از آثار بالقوه سیاست‌های کلان اقتصادی نهفته است.

در ارتباط با هماهنگی سیاستی بین دولت و بانک مرکزی دو تقسیم‌بندی بسیار مهم در این تعامل استراتژیک وجود دارد که در تجزیه و تحلیل راه‌حل‌های تعادلی بسیار مفید و حائز اهمیت است؛ یکی شامل بازی‌های غیرهمکارانه^۲ بین دو مقام و دیگری شامل بازی‌های همکارانه^۳ است (انجوردا و همکاران، ۲۰۱۳؛ دیکسیت و لامبرتینی، ۲۰۰۳؛ تابلینی^۴، ۱۹۸۶). بازی‌هایی که در آنها قراردادهای اقدام مشترک^۵ قابل اجرا هستند، بازی‌های همکارانه نامیده می‌شوند اما بازی‌هایی که در آنها چنین اقدامات مشترکی امکان‌پذیر نیست و باید به شرکت‌کنندگان فردی اجازه داده شود تا در راستای منافع خود عمل کنند، بازی‌های غیرهمکارانه گفته می‌شوند. توانایی در اجرای توافق‌ها، تجزیه و تحلیل بازی‌های همکارانه را بسیار متفاوت از بازی‌های غیرهمکارانه می‌کند و در هر مدل فرض بر این است که همه بازیگران مفهوم یکسانی از عقلانیت دارند که در بین مدل‌ها متفاوت است (کارمایکل^۶، ۲۰۰۵؛ دیکسیت و همکاران^۷، ۲۰۱۵).

بر اساس مطالعه نش^۸ (۱۹۵۰، ۱۹۵۱) مفهوم راه حل در یک بازی غیرهمکارانه، دستیابی به تعادل نش در این نوع بازی‌ها است. به طوری که در این بازی‌ها فرض می‌شود بازیکنان خودخواه^۹

1. Demid (2018)

2. Non-Cooperative Game

3. Cooperative Game

4. Tabellini (1986)

5. Joint-Action Agreements

6. Carmichael (2005)

7. Dixit et al. (2003)

8. Nash

9. Selfish

و دنبال منافع شخصی خود هستند. از این رو در تعادل نش هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر یک طرفه استراتژی خالص یا ترکیبی خود، سود مورد انتظار خود را بهبود بخشد (کورلی^۱، ۲۰۱۷). با این حال تعادل نش ممکن در وضعیت‌های مختلف دارای جواب بهینه نباشد و از این رو در برخی بازی‌ها بهینه پارتو^۲ نیست. به عنوان نمونه در بازی معمای زندانی^۳ نشان داده می‌شود که رفتار خودخواهانه افراد که تعادل نش را به دنبال دارد ممکن است با منافع گروهی یا تیمی متضاد باشد و از این رو در این بازی هر بازیکن می‌تواند با همکاری پیامد بهتری را کسب کند و از این رو تعادل نش در این بازی بهینه پارتو نیست (چاکروارتی و همکاران^۴، ۲۰۱۵). کاربرد تعادل نش در بررسی چگونگی تصمیم‌گیری‌های سیاستی بین دولت و بانک مرکزی در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است (استاوسکا و همکاران^۵، ۲۰۱۹). از طرف دیگر برخی نظریه پردازان در نظریه بازی به دنبال مفهوم راه حلی متفاوت یا جایگزین در تعادل نش بودند که یکی دیگر از این تعادل‌ها مشهور به تعادل برگ^۶ توسط ریاضیدانی به نام کلود برگ^۷ (۱۹۵۷) معرفی شده است. این تعادل مبتنی بر مفهوم نوع دوستی ارائه شده است، به طوری که در تعادل نش بازیکنان به دنبال حداکثر کردن سود خود به طور فردی هستند، اما در تعادل برگ هدف هر بازیکن به حداکثر رساندن سود همه بازیکنان است (زاپاتا و همکاران^۸، ۲۰۲۴) و این مفهوم می‌تواند در تعیین تعادل استراتژی بهینه بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی نقش مهمی داشته باشد. در این تعادل ما به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که دو سیاست‌گذار پولی و مالی برای دستیابی به سطح اهداف از پیش تعیین شده آیا وارد یک رفتار نودوستانه یا ایثارگرانه بایکدیگر می‌شوند یا خیر؟ از طرف دیگر دسته‌ای از بازی‌های ترکیبی به شکل استراتژیک، با جنبه‌های بازی‌های غیرهمکارانه و همکارانه وجود دارد که به آن، بازی‌های شبه همکارانه^۹ اطلاق می‌شود. این بازی‌ها ممکن است شامل مذاکره توسط بازیکنان یا داوری

1. Corley

2. Pareto Optimal

3. Prisoner's Dilemma

4. Chakravarty et al. (2015)

5. Stawska et al. (2019)

6. Berge Equilibrium

7. Claude Berge

8. Zapata et al. (2024)

9. Semi-Cooperative game

خارجی^۱ باشند. نمونه اولیه چنین بازی توسط نش (۱۹۵۰) در نظر گرفته شد که راه حل منحصر به فردی را برای یک مسئله چانه زنی دو نفره به شکل استراتژیک با اطلاعات کامل ارائه می‌دهد. در ادامه راه حل‌هایی توسط برخی محققین از جمله کورلی^۲ (۲۰۱۷) برای حل بازی‌های شبه همکارانه در چارچوب تعادل برداری حریصانه^۳ ارائه شد. در این تعادل فرض بر این است که بازیکنان حریص و خواهان بالاترین بازدهی مشترک هستند که می‌تواند کاربردهای بسیار مهمی در تعامل بین دو بازیکن دولت و بانک مرکزی داشته باشد به طوری که در این بازی به دنبال پاسخ به این سوال هستیم که در یک بازی شبه همکارانه برای دستیابی به بالاترین اهداف دو سیاستگذار، دولت و بانک مرکزی چه استراتژی را اتخاذ خواهند کرد؟

در اقتصاد ایران نیز مسئله هماهنگی یا عدم هماهنگی در اجرای سیاست‌های کلان اقتصادی بین دو مقام پولی و مالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله مهمترین هدف دولت در اقتصاد ایران رسیدن به رشد اقتصادی با به کارگیری ابزار بودجه‌ای و مهمترین هدف بانک مرکزی نیز کنترل تورم با استفاده از ابزار سیاست‌های پولی است. با این حال عدم هماهنگی در اجرای سیاست‌های پولی و مالی سبب تشدید بی‌ثباتی در متغیرهای کلان اقتصادی از جمله تورم و رشد اقتصادی و عدم تثبیت بودجه بوده است. از این رو با توجه به این مباحث هدف این مقاله بررسی وضعیت تعادل در تقابل استراتژیک بین دولت و بانک مرکزی در اقتصاد ایران جهت رسیدن به اهداف سیاستی خود در چارچوب بازی‌های غیرهمکارانه و شبه همکارانه است و برای دستیابی به آن از سه تعادل‌نش، تعادل برگ و تعادل برداری حریصانه استفاده شده است، تا این مهم بررسی شود که در اقتصاد ایران چه تعادلی بین سیاست‌گذاران قابل دستیابی است و آیا تعادل از نوع منفعت طلبانه است یا ایثارگرانه؟ همچنین در این بازی‌ها مفهوم کارایی پارتو در چارچوب معمای زندانی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بازی‌ها فرض می‌شود دو مقام دارای اهداف بلندمدتی در اقتصاد از جمله دستیابی به رشد بلندمدت و ثبات تورم هستند و برای این منظور از ابزارهای سیاستی نرخ بهره و کسری بودجه جهت اجرای سیاست‌های پولی و مالی انبساطی و انقباضی استفاده خواهند کرد.

1. External Arbitration

2. Corley

3. Greedy Scalar Equilibrium

همچنین برای تحلیل عددی این بازی از یک بازی استراتژیک در فرم نرمال استفاده شده است. در ارتباط با نوآوری این مطالعه باید بیان کرد که تا آنجا که توسط محققین این مطالعه بررسی شد، بازی‌های متعددی در ارتباط با تعامل بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی در اقتصاد ایران مورد تحلیل قرار گرفته است (عرفانی و همکاران، ۱۴۰۱؛ محمودی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲؛ هاشم‌لو و همکاران، ۱۳۹۸؛ منصوری و همکاران ۱۳۹۵؛ محمودی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶)، اما تحلیل این سبک از بازی در فرم نرمال و استراتژیک و تجزیه و تحلیل انواع تعادل‌ها از جمله تعادل نش، برگ و حریصانه برای اولین بار است که مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین در ارتباط با مطالعات خارجی نیز این مطالعه به بسط و توسعه مفهوم تعادلی در مطالعات ورونیچکا-لسیویچ (۲۰۱۰)، و بنت و لویاز^۱ (۲۰۰۱) می‌پردازد. از این رو سازماندهی این مطالعه به این شکل است که در بخش بعدی ادبیات موضوع ارائه خواهد شد و سپس مدل پایه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. در ادامه تجزیه و تحلیل تجربی بررسی خواهد شد و بخش نهایی به جمع‌بندی و پیشنهادها اختصاص دارد.

۲- ادبیات موضوع در ارتباط با نظریه بازی و انواع تعادل

در این بخش به بررسی ادبیات مربوط به نظریه بازی‌ها و مفهوم آن و همچنین در بخش‌های بعدی به تحلیل تعادل نش، تعادل برگ، تعادل برداری حریصانه و بازی معمای زندانی پرداخته شده است، زیرا از این تعاریف برای بررسی تعادل در بازی سیاست‌گذاری پولی و مالی استفاده خواهد شد.

۲-۱- نظریه بازی

زندگی اجتماعی با طیف گسترده‌ای از همکاری‌ها و تضادها مواجه است که در قالب بازی شکل می‌گیرد. در این بازی بازیکنان زیادی وجود دارند که می‌توانند با هم همکاری و در کنار یکدیگر قرار گیرند و با پیچیده‌تر شدن این تعاملات اندیشمندان در شاخه‌های مختلف از علوم تلاش‌های قابل توجهی را برای درک این تضادها و همکاری‌ها شکل دادند و نظریه‌بازی قادر به پاسخ‌گویی و درک این سوالات است (محمودی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶). از دیدگاه راسموسن^۲

^۱. Bennett & Loayza (2000)

^۲. Rasmusen (2006)

(۲۰۰۶) نظریه بازی به اقدامات تصمیم‌گیرندگان مربوط می‌شود و این افراد از این موضوع آگاه هستند که اقداماتشان بر دیگر بازیکنان تأثیر می‌گذارد. از طرف دیگر نظریه بازی به استفاده از ابزارهای ریاضی برای مدل‌سازی و تحلیل موقعیت‌های تصمیم‌گیری در شرایط تعاملی^۱ اشاره دارد که شامل چندین تصمیم‌گیرنده (به نام بازیکنان) با اهداف متفاوت هستند که در آن تصمیم هر فرد یا بازیکن بر نتیجه بازی همه تصمیم‌گیرندگان در بازی تأثیرگذار است (ماشلر و همکاران^۲، ۲۰۱۳). بر اساس مطالعه هوتز^۳ (۲۰۰۶) مفهوم نظریه بازی زبان متعارفی برای فرمول‌بندی، ساختاربندی، تجزیه و تحلیل و درک سناریوهای متفاوت از استراتژی‌ها را فراهم می‌کند و به طور عموم به بررسی تقابل بین عوامل و تصمیم‌های آنان در موقعیت‌های تعاملی می‌پردازد.

پایه و اساس نظریه بازی توسط فن نیومن و مورگنسترن^۴ (۱۹۴۴) در کتابی با عنوان «نظریه بازی و رفتار اقتصاد»^۵ شکل گرفت، بعد از آن جان نش در چهار مقاله بنیادی با عنوان «بازی‌های غیرهمکارانه»، «بازی‌های همکارانه دو نفره»، «مسئله چانه‌زنی» و «نقطه تعادل در بازی‌های n نفره» در بین سال‌های ۱۹۵۰-۱۹۵۳ به توسعه این نظریه پرداخت. با این حال قبل از این افراد، در قرن ۱۸ نظریه پردازانی همانند برنولی^۶ در ارتباط با استراتژی مختلط، مونت مورت^۷ در ارتباط با بازی شانس، والگریو^۸ در ارتباط با بازی مینی-ماکس، کورنو^۹ در ارتباط با انحصار چند جانبه و زرمولو^{۱۰} در ارتباط با بازی شطرنج به بررسی دیدگاه‌های اولیه در ارتباط با نظریه بازی‌ها پرداختند (آزبورن^{۱۱}، ۲۰۰۲، محمودی‌نیا، ۱۴۰۲). همچنین در ارتباط با طراحی یک بازی استراتژیک به اجزایی شامل بازیکنان در بازی، استراتژی بازیکنان، وابستگی متقابل استراتژی، پیامدها (بردها)، تعادل در بازی و عقلانیت در بازی مورد نیاز است.

1. Interactive Decision Making

2. Maschler et al. (2013)

3. Hotz (2006)

4. Von Neumann & Morgenstern (1944)

5. Theory of Games and Economic Behavior

6. Bernoulli

7. Montmort

8. Walgrave

9. Cournot

10. Zerlmreo

11. Osborne (2002)

۲-۲. تعادل نش^۱

در نظریه بازی، تعادل نش که توسط جان نش^۲ (۱۹۵۰) ارائه شد، راه حلی برای یک بازی است که دو یا چند بازیکن دارد، که در آن فرض می‌شود هر بازیکن استراتژی‌های تعادل سایر بازیکنان را می‌داند و هیچ بازیکنی با تغییر یک طرفه استراتژی خود سودی بدست نمی‌آورد. از این رو مفهوم تعادل نش اشاره به این دارد که هر بازیکن استراتژی را انتخاب می‌کند که سود خود را در برابر هر یک از استراتژی‌های رقبای خود به حداکثر می‌رساند و یا بهترین پاسخ را در برابر استراتژی انتخابی رقبای خود بر می‌گزیند؛ به عبارت دیگر تعادل نش شامل ترکیبی از استراتژی‌های بازیکنان است که بهترین واکنش نسبت به رقیب است و بازیکنان تمایلی به انحراف از آن ندارند (محمودی‌نیا، ۱۴۰۲). از این رو در شرایطی که بازیکن فقط دو استراتژی در دسترس دارد، به حداکثر رساندن بازده به معنی انتخاب استراتژی است که بالاترین بازده را برای او به همراه دارد و استراتژی‌های رقبای او به‌عنوان پیش‌فرض در نظر گرفته می‌شود (اسپینولا-آردوندو و مونوز-گارسیا^۳، ۲۰۲۳). همچنین تعادل نش اغلب به عنوان یک تعادل^۴ و گاهی اوقات به عنوان یک نقطه تعادل^۵ نیز شناخته می‌شود و کاربرد این نظریه در بازی‌های غیرهمکارانه قابل توجه است.

با این حال، تعادل نش لزوماً به معنی بهترین بازده یا پیامد برای همه بازیکنان درگیر در بازی نیست. در بسیاری از موارد، همه بازیکنان ممکن است سود خود را بهبود بخشند، اگر بتوانند به نحوی بر روی استراتژی‌هایی متفاوت از تعادل نش توافق کنند: همانند بازی معمای زندانی که در ادامه به آن خواهیم پرداخت. بر اساس مطالعه آذربورن (۲۰۰۲) نظریه راه حلی در نظریه بازی دارای دو جزء است. ابتدا، هر بازیکن با توجه به تصورش نسبت به اقدام دیگر بازیکنان، اقدام و رفتار خود را بر اساس مدل انتخاب عقلایی^۶ انتخاب می‌کند. ثانیاً، باور^۷ هر بازیکن در مورد رفتار و عمل سایر بازیکنان صحیح است. این دو جزء در این تعریف قرار می‌گیرند:

¹ Nash Equilibrium

² John F. Nash (1950)

³ Espinola-Arredondo & Muñoz-Garcia (2023)

⁴ Equilibrium

⁵ Equilibrium Point

⁶ Rational Choice

⁷ Belief

«تبادل نش یک نمایه اقدام یا عمل a^* با این ویژگی است که هیچ بازیکن i نمی‌تواند با انتخاب یک عمل متفاوت از a_i^* در وضعیت بهتری قرار گیرد، با توجه به اینکه هر بازیکن دیگری j به a_j^* پایبند است».

از این رو ابتدا مفهوم یک بازی استراتژیک در تعریف (۱) و سپس تبادل نش در تعریف (۲) ارائه می‌شود:

تعریف (۱): با فرض اینکه یک بازی غیرهمکارانه در فرم استراتژیک برای استراتژی‌های خالص به صورت $G = \{I, (S_i), (u_i)\}$ تعریف شود که در این بازی تعداد بازیکنان برابر $I = \{1, \dots, n\}$ و S_i نشان‌دهنده مجموعه محدود از استراتژی‌ها (اقدامات) بازیکن i ام به طوری که $S = (s_1, \dots, s_n) \in S$ و $u_i(s)$ نیز نشان‌دهنده تابع مطلوبیت (تابع پیامد یا تابع سود) بازیکن i ام به طوری که ماتریس پیامد n تایی به صورت $u(s) = \{u_1(s), \dots, u_n(s)\}$ تعریف شود و همچنین با فرض اینکه تابع G یک تابع مطلوبیت انتقال‌پذیر^۱ باشد، آنگاه تبادل نش را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

تعریف (۲): نمایه اقدام یا عمل s^* یک تبادل نش برای G است اگر و فقط اگر

$$u_i(s^*) = \max_{s_i \in S_i} u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall i \in I. \quad (1)$$

این تعریف بر این موضوع دلالت ندارد که یک بازی استراتژیک لزوماً دارای تبادل نش است و یا این که حداکثر یک تبادل دارد. بلکه بازی‌های زیادی وجود دارد که فاقد تبادل نش یا دارای چند تبادل نش هستند. بر اساس این تعریف در یک تبادل نش، اگر بازیکن i از استراتژی خود منحرف شود، نمی‌تواند سود خود را بهبود بخشد (زاپاتا و همکاران، ۲۰۲۴).

۲-۳- تبادل برگ^۲

درک اولیه مفهوم راه‌حل تبادل برگ در کتابی که در سال ۱۹۵۷ توسط ریاضیدان کلود برگ^۳ (۱۹۵۷) منتشر شد گنجانده شد که در آن مفهوم تبادل یک ائتلاف نسبت به ائتلاف دیگر

^۱. Transferable utilities

^۲. Berge Equilibrium

^۳. Claude Berge

ارائه شده است. ژوکوسکی^۱ (۱۹۸۵) با به کارگیری این مفهوم از منظر فردگرایانه، تعادل برگ-ژوکوفسکی^۲ را معرفی کرد و متعاقباً، وایسمن^۳ (۱۹۹۴) و وایسمن و ژوکوسکی^۴ (۱۹۹۴) مطالعه دقیق‌تری از تعادل برگ و ویژگی‌های آن انجام دادند و توصیف ریاضی دقیقی از این مفهوم را ارائه کردند. تعادل برگ در مقابل تعادل نش است و این تعادل می‌تواند به عنوان یک راه حل جایگزین زمانی که تعادل نش وجود ندارد یا زمانی که تعداد زیادی تعادل وجود دارد استفاده شود. بر اساس مطالعه ساویسکی و همکاران^۵ (۲۰۱۹) در حالی که تعادل نش مبتنی بر خودگرایی^۶ یا فردگرایی است یعنی هر بازیکن قصد دارد تا بازدهی خود را به حداکثر برساند، تعادل برگ بر اساس نوع-دوستی^۷ ارائه می‌شود به طوری که هدف هر بازیکن به حداکثر رساندن سود همه بازیکنان دیگر است. بر اساس مطالعه کولمن و همکاران^۸ (۲۰۱۱) تعادل برگ را می‌توان به‌عنوان دلالتی از جهت‌گیری ارزش اجتماعی نوع دوستانه نظریه وابستگی متقابل در نظر گرفت و در مقابل تعادل نش انعکاس دهنده‌ی جهت‌گیری فردگرایانه است.

به طور کلی تعادل برگ یک نمایه استراتژی خالص^۹ است که در آن هر $n - 1$ بازیکن استراتژی‌هایی را انتخاب می‌کنند که بازده باقی‌مانده بازیکن را به حداکثر می‌رساند. در این تعادل هیچ تغییر یک‌جانبه استراتژی توسط بازیکن نمی‌تواند سود بازیکن دیگر را بهبود بخشد (کورلی، ۲۰۱۷). بر اساس تعریف (۱)، می‌توان مفهوم تعادل برگ از جنبه ریاضی را در تعریف (۳) ارائه کرد:

تعریف (۳): نمایه اقدام یا عمل s^* یک تعادل برگ برای G است اگر و فقط اگر

$$u_i(s^*) = \max_{s_{-i} \in S_{-i}} u_i(s_i^*, s_{-i}), \forall i \in I. \quad (2)$$

1. Zhukovskiy (1985)

2. Berge-Zhukovskiy equilibrium.

3. Vaisman (1994)

4. Vaisman & Zhukovskiy (1994)

5. Sawicki Et al.

6. Egoism

7. Altruism

8. Colman

9. Pure strategy profile

بر اساس این تعریف در تعادل برگ، با مشخص بودن وضعیت بازیکن i ، اگر یک یا چند بازیکن به غیر از بازیکن i از استراتژی‌های خود منحرف شوند، آنگاه بازده بازیکن i بهبود نمی‌یابد (زاپاتا و همکاران، ۲۰۲۴).

۲-۴- تعادل حریصانه^۱

در حالت عمومی در یک تعادل برداری حریصانه فرض بر این است که بازیکن حریص است و خواهان بالاترین بازدهی مشترک است. به طوری که تعادل در این بازی از نوع بازی شبه‌همکارانه^۲ است و از این رو به تعادل در این نوع بازی‌ها، تعادل شبه‌همکارانه حریصانه^۳ نیز گفته می‌شود. همچنین بازی‌های شبه همکارانه بازی‌هایی هستند که هر دو خاصیت بازی‌های غیرهمکارانه^۴ و بازی‌های همکارانه^۵ را دارند (دوبنگ و کورلی^۶، ۲۰۲۲؛ کورلی^۷، ۲۰۱۷). تفاوت اساسی بین نظریه بازی‌های غیرهمکاری و همکارانه این است که بازی‌های غیرهمکارانه بر فعالیت‌هایی که افراد می‌توانند به تنهایی انجام دهند تمرکز می‌کند، در حالی که بازی‌های همکارانه بر آنچه گروه‌ها می‌توانند در صورت همکاری با یکدیگر انجام دهند، تمرکز دارند (دوبنگ و کورلی، ۲۰۲۲). در تعریف دیگر در یک نگاه کلی بازی‌هایی که در آن توافقی بین بازیکنان در حین بازی انجام گیرد و آن توافق عملی و الزام‌آور باشد به عنوان بازی‌های همکارانه و اگر توافقی بین بازیکنان صورت نگیرد و این توافق عملی نباشد به عنوان بازی‌های غیرهمکارانه شناخته می‌شوند (محمودی‌نیا، ۱۴۰۲). با این حال بازی‌های شبه همکارانه ممکن است شامل مذاکره توسط بازیکنان یا داوری خارجی باشند. نمونه اولیه چنین بازی توسط نش (۱۹۵۰) بررسی شد که راه حل منحصر به فردی را برای یک مسئله چانه زنی دو نفره به شکل استراتژیک با اطلاعات کامل ارائه می‌دهد. در ادامه راه حل‌هایی توسط برخی محققین از جمله کورلی (۲۰۱۷) برای حل بازی‌های شبه همکارانه در

¹ Greedy Equilibrium

² Semi-Cooperative Game

³ Greedy Semi-Cooperative Equilibrium

⁴ Non-Cooperative Games

⁵ Cooperative Games

⁶ Dwobeng & Corley (2022)

⁷ Corley

چارچوب تعادل حریصانه ارائه شد. که در این تعادل فرض بر این است که بازیکنان حریص و خواهان بالاترین بازدهی مشترک هستند.

تعریف (۴): فرض کنیم که $G = \langle I, (S_i)_{i \in I}, (u_i)_{i \in I} \rangle$ یک بازی با n بازیکن باشد که در آن مجموعه بازیکن به صورت رابطه $I = \{1, \dots, n\}$ نشان داده می‌شود، و همچنین $S_i = \{s_i^1, \dots, s_i^{m_i}\}$ مجموعه محدود از استراتژی‌های خالص برای بازیکن i ام باشد به طوری که $m_i > 2$ و از طرف دیگر $u_i(s)$ نیز نشان‌دهنده مطلوبیت قابل انتقال^۱ برای بازیکن i ام در بردار استراتژی $s = (s_1, \dots, s_n) \in S$ را نشان دهد. همچنین $m_1 \times \dots \times m_n$ ماتریس از n تایی برای بازی G ، فرض کنید که هر بازیکن حریص است و می‌خواهد تا جایی که ممکن است بازدهی بالایی داشته باشد. تابع مطلوبیت برداری $T_G: u(S) \rightarrow \mathbb{R}$ که توسط کورلی (۲۰۱۷) تعریف شده است را به صورت رابطه (۳) در نظر بگیرید:

$$T_G(u(s)) = \prod_{i \in I} \frac{1}{M_i - u_i(s) + 1}, s \in S \quad (3)$$

که در این معادله $M_i = \max_{s \in S} u_i(s)$ است. یک بردار استراتژی s^* یک تعادل برداری حریصانه برای G نامیده می‌شود اگر و فقط اگر s^* تابع $T_G(u(s))$ بر روی S را حداکثر کند. از معادله (۳)، یک تعادل برداری حریصانه از s^* این ویژگی را دارد که هر $u(s^*)$ تا حد امکان نزدیک به M_i متناظر است. علاوه بر این، کورلی (۲۰۱۷) اثبات کرد که در تعادل برداری حریصانه یک بیشینه پارتو^۴ در تمام استراتژی‌های G وجود دارد.

¹. Transferable Utility

². Payoff Matrix

³. Normal-form Game

⁴. Pareto Maximal

۲-۵- بازی معمای زندانی و بهینه پارتو

بازی معمای زندانی^۱ یک مسئله همکاری و انتخاب کلاسیک بر اساس فرض انگیزه‌های خودخواهانه انسانی است. این بازی یکی از بازی‌های کلاسیک است و توجه زیادی از سوی محققان در رشته‌های ریاضیات و اقتصاد در سراسر جهان به خود جلب کرده است (دنک و دنک^۲، ۲۰۱۵). این بازی توسط فلود^۳ و دراشر^۴ از شرکت راند^۵ در سال ۱۹۵۰ ارائه شد. این نظریه بر این اساس است که دو جنابتکار برای ارتکاب به جرمی دستگیر می‌شوند و در اتاق‌های جداگانه تحت بازجویی قرار می‌گیرند. هر زندانی می‌تواند به جرم خود اعتراف کند و یا می‌تواند جرم خود را انکار کند. اگر هر دو انکار کنند به مدت یکسال زندانی می‌شوند، زیرا قاضی در مجرم بودن این افراد تردید دارد. اگر هر دو مجرم به جرم خود اعتراف کنند قاضی هیچ تردیدی در مجرم بودن آنها ندارد و هر کدام پنج سال زندانی می‌شوند. اگر همچنین یکی انکار و دیگری اعتراف کند قاضی از جرم بازیکنی که اعتراف کرده، چشم‌پوشی می‌کند و به او حکم تعلیقی می‌دهد و دیگری که انکار کرده به ۱۰ سال زندان محکوم می‌شود (کارمایکل^۶، ۲۰۰۵؛ دیکسیت و همکاران^۷، ۲۰۱۵، محمودی نیا، ۱۴۰۲).

ماتریس ۱: بازی معمای زندانی

		بازیکن ب	
		اعتراف	انکار
بازیکن الف	اعتراف	-5,-5	0,-10
	انکار	-10,0	-1,-1

منبع: کارمایکل (۲۰۰۵)؛ دیکسیت و همکاران (۲۰۱۵)

در این بازی استراتژی {انکار، انکار} به استراتژی همکارانه معروف است و استراتژی {اعتراف، اعتراف} به استراتژی قصور^۸ (خیانت) معروف است. به طوری که بازیکنان می‌توانند با

1. The Prisoners' Dilemma

2. Deng & Deng (2015)

3. Flood

4. Dresher

5. Rand

6. Carmichael (2005)

7. Dixit et al. (2015)

8. Defect Strategy

همکاری کردن به پیامد مطلوب‌تری دست یابند (زمان زندان این افراد کاهش می‌یابد). با این حال تعادل نش این بازی {اعتراف، اعتراف} است، زیرا بهترین پاسخ هر بازیکن به استراتژی رقیبش اعتراف است؛ با اینکه {انکار، انکار} پیامد مطلوب‌تری دارد و طول دوره زندانی کمتری برای مجرمین به ارمغان می‌آورد. از این رو این بازی به معمای زندانی معروف است. تعادل نش {اعتراف، اعتراف} بهینه پارتو^۱ (کارآمد پارتو)^۲ نیست، زیرا بازیکنان می‌توانند با تغییر استراتژی خود به سمت استراتژی {انکار، انکار} پیامد بهتری کسب کنند و از این رو استراتژی {اعتراف، اعتراف} به استراتژی ناکارآمد پارتو (عدم بهینه پارتو) معروف است. با این حال حتی اگر استراتژی همکارانه توسط دو بازیکن انتخاب شود، اما همچنان این استراتژی تعادلی نیست زیرا تعادل نش جایی است که دو بازیکن استراتژی خیانت را انتخاب می‌کنند.

از این رو بهینگی پارتو^۳ یک مفهوم برجسته در نظریه بازی‌ها به ویژه در معمای زندانی است. هدف در این بازی دستیابی به همکاری متقابل بین دو بازیکن است، اما نتیجه مطلوب برای هر بازیکن خیانت به دیگری است. بهینه پارتو به نتیجه‌ای اشاره دارد که در آن هیچ یک از بازیکنان نمی‌توانند نتیجه خود را بدون کاهش نتیجه بازیکن دیگر بهبود بخشند. از این رو نمونه‌ای از بهینه بودن پارتو در معمای زندانی زمانی است که هر دو بازیکن همکاری کنند که منجر به کاهش مجازات برای هر دو می‌شود (کارمایکل، ۲۰۰۵). با این حال هر بازی در فرم زیر به عنوان یک بازی معمای زندانی در نظر گرفته می‌شود:

ماتریس ۲: بازی در فرم معمای زندانی

		بازیکن ب	
		خیانت	همکاری
بازیکن الف	خیانت	b, b	d, c
	همکاری	c, d	a, a

منبع: ورونیکا لجویچ (۲۰۱۰) و یافته‌های پژوهش

1. Pareto Optimal
 2. Pareto-Efficient
 3. Pareto Optimality

که در اینجا فرض می‌شود که $d > a > b > c$ است. همچنین به پیامد a پیامد «پاداش»^۱ گفته می‌شود و در صورت همکاری به دو بازیکن پرداخت می‌شود. به پیامد b پیامد «مجازات»^۲ اطلاق می‌شود که در صورت خیانت دو بازیکن به آنان تعلق می‌گیرد. همچنین پیامد d ، به پیامد «وسوسه»^۳ معروف است که در صورت خیانت یک بازیکن به تنهایی دریافت می‌کند و در نهایت پیامد c به پیامد «احمق»^۴ (آدم ساده لو) گفته می‌شود که در صورت همکاری یک بازیکن به تنهایی دریافت می‌کند.

بلایندر^۵ (۱۹۸۳) در چارچوب بازی معمای زندانی، مسئله تصمیم‌گیری سیاستی را به شکل ماتریس (۳) طراحی کرد. در اینجا فرض می‌شود هر بازیکن تنها دو استراتژی سیاست انبساطی و انقباضی دارد و ارجحیت بازیکنان نسبت به استراتژی‌ها متفاوت است (۴ بالاترین ارجحیت و ۱ پایین‌ترین ارجحیت است). تمایل دولت اجرای سیاست پولی انبساطی برای رسیدن به بالاترین رشد اقتصادی درحالی‌که تمایل بانک مرکزی اجرای سیاست پولی انقباضی در جهت ثبات تورم است. با این حال بیشترین پیامد برای دولت و کمترین پیامد برای بانک مرکزی زمانی به دست می‌آید که دولت سیاست مالی انقباضی (پیامد ۴) و بانک مرکزی سیاست پولی انبساطی (پیامد ۱) را انتخاب کند. همچنین از آن جا که هدف بانک مرکزی کنترل و ثبات تورم است از این رو بهترین پیامد بانک مرکزی اجرای یک سیاست پولی انقباضی است.

ماتریس ۳: معمای زندانی در بازی دو سیاست‌گذار

سیاست پولی انبساطی	سیاست پولی انقباضی	بانک مرکزی	دولت
3	4	سیاست مالی انقباضی	3 / 1
1	2	سیاست مالی انبساطی	4 / 2

نکته: ارجحیت بازیکن به این شکل است $۱ < ۲ < ۳ < ۴$

1. Reward
2. Punishment
3. Temptation
4. Sucker
5. Blinder

همچنین بالاترین پیامد بانک مرکزی زمانی استخراج می‌شود که بانک مرکزی سیاست پولی انقباضی (پیامد ۴) و دولت نیز سیاست مالی انقباضی (پیامد ۱) را اجرا کند. با این حال زمانی که دو بازیکن به طور مستقل از هم رفتار کنند تعادل نش جایی است که بانک مرکزی سیاست پولی انقباضی و دولت سیاست مالی انبساطی را انتخاب می‌کند و پیامد ۲ را هر بازیکن کسب خواهد کرد. زیرا بهترین پاسخ دولت به سیاست پولی انقباضی بانک مرکزی، انتخاب سیاست مالی انبساطی است و همچنین بهترین پاسخ بانک مرکزی به اجرای سیاست مالی انبساطی، انتخاب سیاست پولی انقباضی است. با اینکه این دو بازیکن با همکاری با یکدیگر و انتخاب سیاست مالی انقباضی توسط دولت و انتخاب سیاست پولی انبساطی توسط بانک مرکزی به پیامد بالاتر ۳ دست می‌یافتند. از این رو تعادل نش در بازی ارائه شده توسط بلائندر (۱۹۸۳) بهینه پارتو نیست و در چارچوب معمای زندانی قرار می‌گیرد.

۲- بازی بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی در فرم نرمال

در این بخش بر اساس مطالعه ورونیچکا-لسیجویچ (۲۰۱۰؛ ۲۰۱۵)، و بنت و لویاز (۲۰۰۱) موضوع تجزیه و تحلیل بازی بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی و ماهیت آن بر اساس جدول (۱) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بازی دو بازیکن وجود دارد یعنی $i = 1, 2$ ؛ شامل مقام پولی (بانک مرکزی) و مقام مالی (دولت). این بازی یک بازی با جمع غیر صفر است و هر یک از بازیکنان به طور مستقل با در نظر گرفتن واکنش احتمالی بازیکن دیگر تصمیم می‌گیرد. همچنین برای هر بازیکن یک استراتژی خالص^۱ تعریف می‌شود. استراتژی‌های دولت سیاست‌های بودجه‌ای جهت رشد اقتصادی است که سیاست‌های بودجه‌ای انبساطی و انقباضی را شامل می‌شود و معیار ارزیابی و پویایی تغییرات در سیاست‌های مالی بر اساس تغییرات در نسبت سطح کسری بودجه دولت به تولید ناخالص داخلی است. این سیاست از سطح سیاست‌های انقباضی به سمت سیاست‌های انبساطی در حال تغییر است، به طوری که افزایش کسری بودجه نشان‌دهنده سیاست مالی انبساطی و کاهش آن نشان‌دهنده سیاست مالی انقباضی است. همچنین استراتژی‌های بانک مرکزی جهت تثبیت تورم نیز سیاست‌های انبساطی و انقباضی پولی است که معیار تغییرات این سیاست بر اساس تغییر در

^۱ Pure Strategies

ارزش نرخ بهره واقعی است. همچنین این سیاست نیز از سطح سیاست‌های انقباضی به سمت سیاست‌های انبساطی در حال تغییر است. افزایش نرخ بهره نشان‌دهنده سیاست پولی انقباضی و کاهش آن نشان‌دهنده سیاست پولی انبساطی است.

ماتریس ۴: ماتریس پیامد دو سیاست‌گذار برای انتخاب n استراتژی

سیاست‌های انقباضی				بانک	
سیاست‌های انقباضی				مرکزی	
سیاست‌های انقباضی				دولت	
استراتژی پولی C_n (نرخ بهره R_n)	استراتژی پولی C_2 (نرخ بهره R_2)	استراتژی پولی C_1 (نرخ بهره R_1)		
π_{1n} G_{1n}		π_{12} G_{12}	π_{11} G_{11}	استراتژی مالی F_1 (کسری بودجه D_1)	سیاست‌های انقباضی ↑
π_{2n} G_{2n}		π_{22} G_{22}	π_{21} G_{21}	استراتژی مالی F_2 (کسری بودجه D_2)	
				سیاست‌های انبساطی ↓
π_{mn} G_{mn}		π_{m2} G_{m2}	π_{m1} G_{m1}	استراتژی مالی F_m (کسری بودجه D_m)	

منبع: برگرفته از مطالعه ورونیچکا-لسیویچ (۲۰۱۵) و بنت و لویزا (۲۰۰۰)

پیامد این بازی به این صورت است که هدف دولت دست‌یابی به بالاترین رشد اقتصاد (G) و هدف بانک مرکزی ثبات سطح قیمت‌ها (π) است. در این بخش پیامد G_{mn} برای دولت نشان‌دهنده آن است که دولت استراتژی مالی F_m و بانک مرکزی استراتژی پولی C_n را انتخاب می‌کند. همچنین پیامد π_{mn} نیز نشان‌دهنده بازده بانک مرکزی زمانی که دولت استراتژی مالی F_m و بانک

مرکزی استراتژی پولی G_n را انتخاب می‌کند. از طرف دیگر نماد D نشان‌دهنده نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی مربوط به استراتژی مالی است، در حالی که R نشان‌دهنده نرخ بهره واقعی است که به استراتژی پولی نسبت داده می‌شود. در این بازی فرض بر این است که مقامات مالی و پولی به طور مستقل تصمیم می‌گیرند و وضعیت دستیابی به تعادل نش، تعادل برگ و تعادل حریصانه در چنین بازی با انتخاب ترکیب خاصی از سیاست‌های بودجه‌ای و پولی مطابقت دارد.

برای تحلیل این بازی، وضعیتی را در نظر بگیرید که هر بازیکن دو استراتژی را انتخاب می‌کند: استراتژی سیاست انقباضی و دیگری استراتژی سیاست انبساطی. از این رو ماتریس (۴) را می‌توان به صورت ماتریس (۵) نشان داد. بانک مرکزی با هدف کاهش تورم (π)، بین سیاست پولی انقباضی که با نرخ بهره بالاتر (R_1) و سیاست پولی انبساطی که با نرخ بهره واقعی پایین‌تر (R_2) مشخص می‌شود یکی را در تصمیم‌گیری‌های بهینه خود انتخاب می‌کند. دولت نیز هنگام تصمیم‌گیری در مورد سیاست بودجه‌ای، بین یک سیاست انقباضی (D_1) با سطح پایین‌تر از کسری بودجه دولت، یا یک سیاست بودجه‌ای انبساطی (D_2) (با سطح کسری بودجه بالا) با هدف دستیابی به رشد واقعی بالاتر در اقتصاد یکی را انتخاب می‌کند.

جدول ۵: ماتریس پیامد بازی استراتژیک بین دولت و بانک مرکزی با دو استراتژی

سیاست پولی انقباضی		سیاست پولی انبساطی		بانک مرکزی	
				D_1	D_2
R_2	R_1	π_{11}	π_{12}	D_1	سیاست مالی انقباضی
G_{12}	G_{21}	π_{21}	π_{22}	D_2	سیاست مالی انبساطی

منبع: برگرفته از مطالعه ورونچکا-لسیجویچ (۲۰۱۵) و یافته‌های پژوهش

همچنین در این بازی استراتژیک با توجه به تغییرات سیاست‌های مالی و پولی، دو فرض زیر را لحاظ می‌شود به طوری که Δ نشان‌دهنده عملیات تفاضل مرتبه اول است:

$$\Delta D = D_2 - D_1 > 0 \quad (۴)$$

$$\Delta R = R_2 - R_1 < 0 \quad (۵)$$

این فرض نشان‌دهنده طراحی جدول پیامد بازی است که بر اساس آن استراتژی‌های سیاست مالی و پولی را از سیاست‌های محدود‌کننده‌تر (سیاست انقباضی) به سیاست‌های گسترده‌تر (سیاست انبساطی) مرتب می‌کند، به طوری که افزایش انبساط سیاست مالی با افزایش کسری بودجه و افزایش انبساط سیاست پولی با کاهش نرخ بهره همراه است.

ماتریس (۵) را می‌توان بر اساس تغییر در مشتقات جزئی بین آثار نرخ بهره و کسری بودجه بر نرخ رشد اقتصادی و سطح تورم و با فرض الگوبرداری از یک مدل خطی به فرم ماتریس (۶) طراحی کرد. بر اساس این ماتریس، دستیابی به بالاترین رشد اقتصادی و یا پایین‌ترین سطح تورم وابسته به مشتقات جزئی این متغیرها نسبت به تغییرات نرخ بهره واقعی و کسری بودجه است.

ماتریس ۶: بازی بین دو سیاست‌گذار پولی با فرض آثار تغییرات نرخ بهره واقعی و کسری بودجه

		بانک مرکزی	
		سیاست پولی انقباضی	سیاست پولی انبساطی
دولت	سیاست مالی انقباضی	π G D_1	R_1 $\pi + \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \frac{dG}{dR} \Delta R$
	سیاست مالی انبساطی	$\pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D$ $G + \frac{dG}{dD} \Delta D$ D_2	R_2 $\pi + \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \frac{dG}{dR} \Delta R$

منبع: برگرفته از مطالعه ورونیکا-لسیچویچ (۲۰۱۰) و یافته‌های پژوهش

از این رو تعیین سطح بهینه تورم و رشد اقتصادی به مشتقات جزئی بر اساس روابط ماتریس (۶) وابسته است. این روابط را می‌توان با استفاده از روابط (۶) تا (۷) ارائه کرد. به طوری که وابسته به هر اقتصادی علامت‌های مشتقات جزئی قابل تفسیر و تغییر است.

$$\frac{dG}{dR} > 0, \frac{dR}{dR} < 0 \quad (۶)$$

$$\frac{dG}{dD} > 0, \frac{dD}{dD} < 0 \quad (۷)$$

$$\frac{d\pi}{dD} > 0, \frac{d\pi}{dD} < 0 \quad (۸)$$

$$\frac{d\pi}{dR} > 0, \frac{d\pi}{dR} < 0 \quad (۹)$$

همچنین بر اساس ماتریس (۶)، معادلات $\frac{dG}{dR} \Delta R$ و $\frac{dG}{dD} \Delta D$ به ترتیب نشان‌دهنده تغییر در نرخ رشد اقتصاد به دلیل تغییرات نرخ بهره و کسری بودجه و همچنین $\frac{d\pi}{dR} \Delta R$ و $\frac{d\pi}{dD} \Delta D$ نیز به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات تورم به دلیل تغییرات در نرخ بهره و کسری بودجه است.

۴- تحلیل تعادل در بازی با دو استراتژی برای دو سیاست‌گذار

در این بخش در ابتدا سعی می‌شود تا برای اقتصادی ایران، علامت مربوط به مشتقات جزئی معادله‌های (۶) تا (۹) طی دوره زمانی ۱۳۵۷ تا ۱۴۰۰ بر اساس آمار و ارقام سایت بانک مرکزی ایران استخراج شود. از این رو در چارچوب رگرسیون حداقل مربعات معمولی، رگرسیون دو مرحله‌ای و رگرسیون گشتارو تعمیم یافته این ضرایب بر اساس معادله‌های (۱۰) تا (۱۳) ارائه شده‌اند. همچنین در ابتدا قبل از برآورد مدل، همبستگی بین متغیرها، آزمون‌های پایایی (تایید پایایی متغیرها در سطح) و آزمون VIF جهت همخطی بین متغیرها مورد بررسی قرار گرفت و از این رو صحت نتایج مورد تایید و جداول مربوط به آزمون‌ها در ضمیمه الف ارائه شد.

بر اساس معادله (۱۰) ارتباط بین نرخ رشد اقتصادی و نرخ بهره در سطح معنی‌داری بالایی مثبت و مستقیم است که این دیدگاه سازگار با الگوی مکینون-شاو است که بر اساس مطالعه فرای^۱ (۱۹۸۶) افزایش نرخ بهره و نرخ سود منجر به افزایش سطح پس‌انداز و تقاضای واقعی پول و در نتیجه افزایش واقعی اعتبار در اقتصاد می‌شود و این به نوبه‌ی خود منجر به افزایش سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاری در گردش و در نتیجه افزایش رشد اقتصادی می‌شود. همچنین بر اساس معادله (۱۱) اثر کسری بودجه بر رشد اقتصاد منفی است که متناظر با دیدگاه سنتی کلاسیک‌ها و نئوکلاسیک‌ها است به طوری که بر اساس این دیدگاه افزایش کسری بودجه و کاهش مالیات‌ها منجر به افزایش مصرف می‌شود که باعث می‌شود پس‌انداز بخش خصوصی متناظر با کسری بودجه افزایش نیابد که به نوبه خود سبب کاهش پس‌انداز ملی و در نتیجه رشد اقتصادی می‌شود. همچنین افزایش کسری بودجه می‌تواند استقراض از بانک مرکزی را به دنبال داشته باشد که نتیجه آن اثر منفی بر رشد

^۱. Fry (1986)

اقتصادی است (مولایی و گلخندان، ۱۳۹۲). معادله (۱۲) ارتباط منفی بین تورم و نرخ بهره را تایید می‌کند. از آنجایی که نرخ بهره آثار چشمگیری بر تصمیم‌گیری عاملان اقتصادی دارد از این رو به عنوان یک متغیر سیاستی مهم در اقتصاد کلان به شمار می‌رود. در یک دیدگاه نئوکلاسیکی افزایش نرخ بهره به عنوان یک سیاست پولی انقباضی می‌تواند منجر به کاهش سطح تورم در اقتصاد شود و از طرف دیگر افزایش نرخ بهره همراه با افزایش در سطح پس‌انداز خانوار نقش مهمی در افزایش سرمایه‌گذاری در اقتصاد دارد که این موضوع می‌تواند افزایش سطح تولید در اقتصاد و در نتیجه کاهش سطح عمومی قیمت‌ها را به دنبال داشته باشد. در نهایت معادله (۱۳) نشان‌دهنده ارتباط منفی نرخ تورم و سطح کسری بودجه در اقتصاد است. با این حال در سطح معنی‌داری پایین این رابطه در اقتصاد ایران مورد تایید قرار گرفت. این نتایج شاید تایید دیدگاه کینزی باشد مبنی بر این که، آثار تورمی کسری بودجه مقام مالی بستگی به دوره‌های رکود یا رونق در اقتصاد دارد به طوری که زمانی که اقتصاد با رکود شدید مواجه است احتمال تورم‌زا بودن کسری بودجه کمتر و دوره‌ای که اقتصاد در شرایط رونق به سر می‌برد و اقتصاد در وضعیت اشتغال کامل قرار دارد احتمال تورم‌زا بودن کسری بودجه دولت بیشتر می‌شود.

$$G = \frac{0}{2/62} + \frac{0}{2/09} 22R + u, \quad \frac{dG}{dR} > 0 \quad (10)$$

$$G = \frac{0}{3/11} + \frac{0}{-2/70} 83D + u, \quad \frac{dG}{dD} < 0 \quad (11)$$

$$\pi = \frac{0}{19/1} + \frac{0}{-18/9} 96R + u, \quad \frac{d\pi}{dR} < 0 \quad (12)$$

$$\pi = \frac{0}{10/1} + \frac{0}{-1/76} 49D + u, \quad \frac{d\pi}{dD} < 0 \quad (13)$$

نتایج نشان می‌دهد که همگی ضرایب از لحاظ آماری معنی‌دار هستند (آماره t در پراثر مشخص شده است). در ادامه با توجه به علامت ضرایب استخراج شده و بر اساس ماتریس (۶)، برای بررسی وضعیت تعادل در بازی سیاست‌گذاری پولی و مالی بر اساس چهار سناریو اقدام می‌شود.

۴-۱- تحلیل بازی در سناریوی اول

در اولین سناریو با توجه به ضرایب استخراج شده در بخش قبل فرض می‌شود که در سمت پیامد دولت، $\frac{dG}{dD}\Delta D - \frac{dG}{dR}\Delta R$ بزرگتر از $-\frac{dG}{dR}\Delta R$ و در سمت پیامد بانک مرکزی قدر مطلق $\frac{d\pi}{dD}\Delta D$ بزرگتر از $\frac{d\pi}{dR}\Delta R$ باشد. از این رو معادله (۱۴) به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$-\frac{dG}{dD}\Delta D > -\frac{dG}{dR}\Delta R, \quad \left| \frac{d\pi}{dD}\Delta D \right| > \left| \frac{d\pi}{dR}\Delta R \right| \quad (14)$$

با توجه به این فرض در سمت مقام مالی بالاترین سلول مربوط به بالاترین رشد اقتصادی بر اساس معادله (۱۵) استخراج می‌شود و از این رو با توجه به ماتریس (۶) به بالاترین سلول رقم ۴ (نشان‌دهنده بالاترین رشد اقتصادی) و به پایین‌ترین سلول رقم ۱ (نشان‌دهنده پایین‌ترین رشد اقتصادی) اختصاص داده می‌شود و پیامد این بازی در ماتریس (۷) نشان داده می‌شود:

$$G > G + \frac{dG}{dR}\Delta R > G + \frac{dG}{dD}\Delta D > G + \frac{dG}{dD}\Delta D + \frac{dG}{dR}\Delta R \quad (15)$$

با توجه به هدف بانک مرکزی که رسیدن به پایین‌ترین سطح تورم است از این رو ترتیب ارجحیت بازده بانک مرکزی نیز بر اساس معادله (۱۶) مرتب می‌شود که به پایین‌ترین تورم در سلول رقم ۴ و به بالاترین تورم در سلول رقم ۱ اختصاص داده می‌شود که در ماتریس (۷) این ارجحیت و رتبه‌بندی مشخص شده است:

$$\pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D < \pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D + \frac{d\pi}{dR}\Delta R < \pi < \pi + \frac{d\pi}{dR}\Delta R \quad (16)$$

با توجه به این فروض حال می‌توان بر اساس تعاریف (۱) تا (۴) سه تعادل را در این بازی استخراج کرد. در این بخش نحوه بدست آوردن تعادل‌ها به طور کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و در سناریوی‌های بعدی، برای پرهیز از تکرار مجدد از توضیحات کامل خودداری می‌شود. در ابتدا بر اساس ماتریس (۷) و جدول (۱) تعادل نش بررسی می‌شود. همان‌طور که بیان شد در تعادل نش هر بازیکن با دنبال کردن منفعت شخصی به دنبال بالاترین پیامد و مطلوبیت در بازی است. از این رو بر اساس ماتریس (۷) اگر دولت استراتژی D_1 را انتخاب کند در این صورت بهترین پاسخ بانک مرکزی انتخاب استراتژی R_1 است (زیرا پیامد ۲ بیشتر از پیامد ۱ است) و اگر دولت استراتژی D_2 را انتخاب کند در این حالت بهترین پاسخ بانک مرکزی همچنان استراتژی R_1 است (زیرا پیامد ۴ بیشتر از پیامد ۳ برای بانک مرکزی است). در مقابل اگر بانک مرکزی استراتژی R_1 را انتخاب کند در این وضعیت بهترین پاسخ دولت نیز استراتژی D_1 است (زیرا پیامد ۴ بیش از ۲

است) و اگر بانک مرکزی استراتژی R_2 را انتخاب کند بهترین پاسخ دولت استراتژی D_1 است (زیرا پیامد ۳ بیش از ۱ است). از این رو بهترین استراتژی مشترک دو سیاست‌گذار با توجه به بهترین پاسخ هر بازیکن به رقیبش، در سلولی انتخاب می‌شود که در آن استراتژی $\{D_1, R_1\}$ به ترتیب برای دولت و بانک مرکزی انتخاب می‌شود و از این رو همان‌طور که در جدول (۱) و ماتریس (۷) در سمت چپ مشخص است، تعادل نش این بازی $(4, 2) = \{D_1, R_1\}$ است. در این وضعیت تعادل نش جایی است که دولت و بانک مرکزی هر دو استراتژی سیاست انقباضی را دنبال می‌کنند و در این حالت با در نظر گرفتن منفعت هر بازیکن به طور فردی، بازده دولت بیشتر از بازده بانک مرکزی است. از طرف دیگر اگر چه در این بازی معمای زندانی شکل نمی‌گیرد، اما استراتژی $\{D_1, R_1\}$ نسبت به سلول متقارن خود یعنی $\{D_2, R_2\}$ بهینه پارتو است زیرا در این وضعیت رشد اقتصادی بالاتری حاصل می‌شود اما با این حال تورم نیز در سطح بالاتری قرار دارد.

برای استخراج تعادل برگ، یادآور می‌شود که تعادل برگ یک نوع تعادل نوع دوستی و حمایت متقابل است. در این تعادل دولت با ثابت نگه داشتن استراتژی‌های خود این اجازه را به رقیب خود یعنی بانک مرکزی می‌دهد تا بهترین پیامد خود را با توجه به ثابت نگه داشته شدن استراتژی-های دولت انتخاب کند. از این رو بانک مرکزی در استراتژی R_1 بین دو پیامد ۲ و ۴، پیامد ۴ را انتخاب می‌کند و در استراتژی R_2 بین دو پیامد ۱ و ۳، بازده ۳ را انتخاب می‌کند. حال نوبت به دولت است تا با ثابت نگه داشتن استراتژی‌های بانک مرکزی بهترین پیامد خود را انتخاب کند. از این رو در استراتژی D_1 دولت بین دو پیامد ۴ و ۳، پیامد ۴ را انتخاب می‌کند و در استراتژی D_2 ، بین دو پیامد ۲ و ۱ پیامد ۲ را انتخاب خواهد کرد. با توجه به ماتریس (۷) و جدول (۱) استراتژی تعادل برگ در این بازی $\{D_2, R_1\} = (2, 4)$ که متفاوت از استراتژی تعادلی نش است. در تعادل استراتژی برگ دو بازیکن بازی را می‌گزینند که در آن دولت استراتژی سیاست مالی انبساطی و بانک مرکزی استراتژی سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کنند. در این حالت پیامد و منفعت بانک مرکزی بیشتر از دولت است. همچنین استراتژی $\{D_2, R_1\}$ نسبت به سلول متقارن خود یعنی $\{D_1, R_2\}$ بهینه پارتو است زیرا در این وضعیت سطح تورم پایین اما رشد اقتصادی نیز پایین‌تر است.

برای استخراج تعادل حریصانه یادآور می‌شود که تعادل حریصانه از نوع تعادل در بازی شبه همکارانه است به طوری که دو بازیکن با همکاری با یکدیگر سعی در انتخاب بالاترین پیامد ممکن

برای این ائتلاف را دارند. به عنوان نمونه بر اساس تعریف (۴) و معادله (۳) زمانی که دولت استراتژی D_1 و بانک مرکزی استراتژی R_1 را انتخاب کند در این وضعیت تعادل برداری حریصانه برابر است با: $T(u) = \{D_1, R_1\} = \frac{1}{4-4+1} \times \frac{1}{4-2+1} = 0/33$ و به همین روش برای سایر سلول‌ها داریم: $\{D_2, R_1\} = 0/33$ ، $\{D_1, R_2\} = 0/12$ و $\{D_2, R_2\} = 0/1$ و از این رو ما شاهد دو تعادل برداری حریصانه یعنی $\{D_1, R_1\} = 0/33$ و $\{D_2, R_1\} = 0/33$ در این بازی استراتژیک خالص هستیم.

ماتریس ۷: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی اول

		بانک مرکزی		دولت
R_1	R_2	D_1	D_2	
نش و حریصانه	برگ و حریصانه	۱	۲	D_1
عدم تعادل	عدم تعادل	۳	۴	D_2

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱: پیامدهای بازی و تعیین تعادل در سناریوی اول

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تعادل نش: } \{D_1, R_1\} = (4,2) \\ \text{تعادل برگ: } \{D_2, R_1\} = (2,4) \\ \text{تعادل حریصانه} = \begin{cases} \{D_1, R_1\} = 0/33 \\ \{D_2, R_1\} = 0/33 \\ \{D_1, R_2\} = 0/12 \\ \{D_2, R_2\} = 0/12 \end{cases} \rightarrow \{D_1, R_1\} = 0/33, \{D_2, R_1\} = 0/33 \end{array} \right.$$

نتایج جدول (۱) نشان می‌دهد که در سناریوی اول بر اساس اطلاعات بررسی شده ما با دو تعادل حریصانه و یک تعادل نش و یک تعادل برگ مواجه هستیم به طوری که اولین تعادل حریصانه متناظر با تعادل نش و دومین تعادل حریصانه متناظر با تعادل برگ است. از این رو با دنبال کردن یک بازی شبه همکارانه توسط دولت و بانک مرکزی هر دو تعادل نش و برگ قابل دسترس است. از طرف دیگر دنبال کردن یک استراتژی استقلال بین دولت و بانک مرکزی پیامد بالاتری برای مقام مالی یعنی پیامد ۴ و دنبال کردن یک استراتژی نوع دوستانه بین دولت و بانک مرکزی پیامد بیشتری برای مقام پولی به دنبال دارد. از این رو استراتژی بهینه از نگاه دولت زمانی است که دولت و بانک مرکزی استراتژی سیاست مالی و پولی انقباضی را اجرا کنند و از دید بانک مرکزی استراتژی

بهینه ترکیبی بر اساس سیاست مالی انبساطی و سیاست پولی انقباضی اجرا شود که بر اساس یک نوع رفتار نوع دوستانه متقابل شکل می‌گیرد.

۴-۲- تحلیل بازی در سناریوی دوم

در این سناریو با توجه معادلات (۱۰) تا (۱۳) دو فرض دیگر ارائه می‌شود به طوری که بر اساس آن ما با سناریوی زیر روبرو هستیم:

$$-\frac{dG}{dD}\Delta D < -\frac{dG}{dR}\Delta R, \quad \left| \frac{d\pi}{dD}\Delta D \right| < \left| \frac{d\pi}{dR}\Delta R \right| \quad (17)$$

از این رو در سمت پیامدهای دولت و بانک مرکزی به ترتیب با نابرابری بر اساس معادله‌های (۱۸) و (۱۹) مواجه هستیم که نشان‌دهنده ترجیحات دولت و بانک مرکزی برای انتخاب رشد اقتصادی بالاتر و سطح تورم پایین است و این ارجحیت‌ها در ماتریس (۸) نشان داده می‌شود به طوری که به بالاترین رشد اقتصادی و پایین‌ترین تورم عدد ۴ و به پایین‌ترین رشد اقتصاد و بالاترین تورم رقم ۱ به ترتیب توسط مقام مالی و پولی اختصاص داده می‌شود:

$$G > G + \frac{dG}{dD}\Delta D > G + \frac{dG}{dR}\Delta R > G + \frac{dG}{dD}\Delta D + \frac{dG}{dR}\Delta R \quad (18)$$

$$\pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D < \pi < \pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D + \frac{d\pi}{dR}\Delta R < \pi + \frac{d\pi}{dR}\Delta R \quad (19)$$

بر اساس تحلیل ارائه شده و مشابه تجزیه و تحلیل ارائه شده در سناریو اول تعادل نش در این بازی برابر است با $\{D_1, R_1\} = (4, 3)$ و تعادل برگ نیز برابر است با $\{D_2, R_1\} = (3, 4)$ و همچنین دو تعادل حریصانه $\{D_1, R_1\} = 0/5, \{D_2, R_1\} = 0/5$ است.

تعادل استخراج شده در این بخش مشابه سلول‌ها در ماتریس (۷) در سناریوی اول است، اما تفاوتی که وجود دارد این است که در تعادل نش بانک مرکزی در سناریوی دوم پیامد بالاتری نسبت به سناریوی اول (۳ در مقابل ۲) کسب خواهد کرد و از طرف دیگر در تعادل برگ نیز در این سناریو مقام مالی پیامد بیشتری نسبت به سناریوی اول کسب می‌کند (۳ در مقابل ۲). همچنین پیامد حاصل از تعادل حریصانه در این سناریو در هر دو وضعیت بیش‌تر از سناریوی اول است (۰/۵ برابر برابر ۰/۳۳). همچنین دو تعادل نش و برگ نسبت به سلول‌های قرینه خود بهینه پارتو هستند به

طوری که در تعادل نش رشد اقتصادی بالاتر و تورم نیز پایین‌تر است و برای تعادل برگ نیز همین اتفاق رخ می‌دهد. از این رو می‌توان مشاهده کرد که تعادل استخراج‌شده نسبت به سناریو اول از منفعت بالاتری برخوردار است. همچنین در بازی شبه همکارانه همچنان تعادل مطلوب‌تر قابل دستیابی است. به طوری که دولت و بانک مرکزی با تشکیل ائتلاف و همکاری با یکدیگر، به دنبال بالاترین سود خود باشند.

ماتریس ۸: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی دوم

		بانک مرکزی		دولت	
R_1	R_2	R_1	R_2	D_1	D_2
عدم تعادل		۱	۳	۲	۴
برگ و حریصانه		۲	۴	۱	۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۲: پیامدهای بازی و تعیین تعادل در سناریوی دوم

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تبادل نش: } \{D_1, R_1\} = (4,3) \\ \text{تبادل برگ: } \{D_2, R_1\} = (3,4) \\ \text{تبادل حریصانه} = \begin{cases} \{D_1, R_1\} = 0/5 \\ \{D_2, R_1\} = 0/5 \\ \{D_1, R_2\} = 0/08 \\ \{D_2, R_2\} = 0/08 \end{cases} \rightarrow \{D_1, R_1\} = 0/5, \{D_2, R_1\} = 0/5 \end{array} \right.$$

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد که در سناریوی دوم نیز مجدد با دو تعادل حریصانه و یک تعادل نش و یک تعادل برگ مواجه هستیم به طوری که اولین تعادل حریصانه متناظر با تعادل نش است که دولت و بانک مرکزی استراتژی سیاست انقباضی را دنبال می‌کنند و دومین تعادل حریصانه متناظر با تعادل برگ است که در آن دو بازیکن استراتژی سیاست مالی انبساطی و سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کنند. از این رو با دنبال کردن یک بازی شبه همکارانه توسط دولت و بانک مرکزی هر دو تعادل نش و برگ قابل دسترس است. همچنین در تعادل نش این بازی، پیامد بانک مرکزی بالاتر از سناریوی اول است و همچنین در تعادل برگ نیز پیامد دولت بالاتر از سناریوی اول

است. همچنین تعادل حریصانه نیز در این سناریو پیامد بالاتری را نسبت به سناریوی اول ایجاد می‌کند. از این رو در این بخش نشان داده می‌شود که اگر حساسیت رشد محصول نسبت به نرخ بهره بیش‌تر از حساسیت رشد محصول نسبت به کسری بودجه و همچنین حساسیت نرخ تورم به نرخ بهره بیش‌تر از حساسیت نرخ تورم به کسری بودجه باشد از این‌رو در تعادل پیامدهای بهینه بازیکنان نسبت به سناریوی اول مطلوب‌تر است. در اینجا نیز استراتژی بهینه از نگاه دولت دنبال کردن یک بازی غیرهمکارانه زمانی است که دولت و بانک مرکزی استراتژی سیاست مالی و پولی انقباضی را اجرا کنند و از دید بانک مرکزی دنبال کردن یک بازی ایثارگرانه متقابل زمانی است که استراتژی بهینه ترکیبی بر اساس سیاست مالی انبساطی و سیاست پولی انقباضی اجرا شود.

۳-۴- تحلیل بازی در سناریوی سوم

در این سناریو فرض می‌شود که $-\frac{dG}{dR}\Delta R > -\frac{dG}{dD}\Delta D$ و $\left|\frac{d\pi}{dR}\Delta R\right| < \left|\frac{d\pi}{dD}\Delta D\right|$ است که به صورت معادله (۲۰) نشان داده می‌شود:

$$-\frac{dG}{dD}\Delta D > -\frac{dG}{dR}\Delta R, \quad \left|\frac{d\pi}{dD}\Delta D\right| < \left|\frac{d\pi}{dR}\Delta R\right| \quad (20)$$

از این رو در سمت پیامدهای دولت و بانک مرکزی به ترتیب با نابرابری بر اساس معادله‌های (۲۱) و (۲۲) مواجه هستیم که نشان‌دهنده ترجیحات دولت و بانک مرکزی برای انتخاب رشد اقتصادی بالاتر و سطح تورم پایین‌تر است که در ماتریس (۹) نشان داده می‌شود:

$$G > G + \frac{dG}{dR}\Delta R > G + \frac{dG}{dD}\Delta D > G + \frac{dG}{dD}\Delta D + \frac{dG}{dR}\Delta R \quad (21)$$

$$\pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D < \pi < \pi + \frac{d\pi}{dD}\Delta D + \frac{d\pi}{dR}\Delta R < \pi + \frac{d\pi}{dR}\Delta R \quad (22)$$

بر اساس تحلیل ارائه شده، تعادل نش در این بازی $\{D_1, R_1\} = (4, 3)$ و تعادل برگ $\{D_2, R_1\}$ (2,4) و تعادل حریصانه $\{D_1, R_1\} = 0/5$ است.

ماتریس ۹: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی سوم

R_0	R_1	بانک مرکزی دولت	R_0	R_1	بانک مرکزی دولت
عدم تعادل	نش و حریصانه	D_1	۱	۳	D_1
عدم تعادل	برگ	D_2	۲	۴	D_2
			۳	۱	۲

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳: پیامدهای بازی و تعیین تعادل در سناریوی سوم

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تعادل نش: } \{D_1, R_1\} = (4,3) \\ \text{تعادل برگ: } \{D_2, R_1\} = (2,4) \\ \text{تعادل حریصانه} = \begin{cases} \{D_1, R_1\} = 0/5 \\ \{D_2, R_1\} = 0/33 \\ \{D_1, R_2\} = 0/12 \\ \{D_2, R_2\} = 0/08 \end{cases} \rightarrow \{D_1, R_1\} = 0/5, \end{array} \right.$$

تعادل نش استخراج شده در این سناریو همانند سناریوی دوم است و تعادل برگ در این سناریو نیز همانند سناریوی اول است. اما تفاوت قابل توجه مربوط به تعادل حریصانه است که در این سناریو ما تنها شاهد یک تعادل حریصانه نسبت به دو سناریوی دیگر هستیم و تعادل حریصانه متناظر با تعادل نش در این بازی است. از این رو پاسخ بازی شبه همکارانه با زمانی که دو سیاست-گذار برای رسیدن به اهداف خود بازی منفعت جویانه و انفرادی را تشکیل می‌دهند یکی است. همچنین تعادل نش از نوع بهینه پارتو است.

۴-۴- تحلیل بازی در سناریوی چهارم

در این سناریو فرض می‌شود که $-\frac{dG}{dD} \Delta D < -\frac{dG}{dR} \Delta R$ و $\left| \frac{d\pi}{dR} \Delta R \right| > \left| \frac{d\pi}{dD} \Delta D \right|$ است که به صورت معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$-\frac{dG}{dD} \Delta D < -\frac{dG}{dR} \Delta R \quad , \quad \left| \frac{d\pi}{dD} \Delta D \right| > \left| \frac{d\pi}{dR} \Delta R \right| \quad (23)$$

از این رو در سمت پیامدهای دولت و بانک مرکزی به ترتیب با نابرابری بر اساس معادله‌های (۲۴) و (۲۵) مواجه هستیم که نشان‌دهنده ترجیحات دولت و بانک مرکزی برای انتخاب رشد اقتصادی بالاتر و سطح تورم پایین است که در ماتریس (۱۰) از اعداد ۴ تا ۱ اولویت‌بندی شده‌اند:

$$G > G + \frac{dG}{dD} \Delta D > G + \frac{dG}{dR} \Delta R > G + \frac{dG}{dD} \Delta D + \frac{dG}{dR} \Delta R \quad (24)$$

$$\pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D < \pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D + \frac{d\pi}{dR} \Delta R < \pi < \pi + \frac{d\pi}{dR} \Delta R \quad (25)$$

در این بازی بر اساس تجزیه و تحلیل‌های انجام شده متناظر با سناریوی اول، تبادل نش در این بازی متناظر با سناریوی اول و برابر با $\{D_1, R_1\} = (4, 2)$ و تبادل برگ نیز متناظر با سناریوی دوم برابر با $\{D_2, R_1\} = (3, 4)$ و همچنین تنها تبادل حریصانه در این بازی برابر با $\{D_2, R_1\} = 0/5$ است.

ماتریس ۱۰: ماتریس پیامد و تبادل در سناریوی چهارم

		بانک مرکزی		دولت	
R _۱	R _۲	R _۱	R _۲	D _۱	D _۲
عدم تعادل	نش	۱	۲	۲	۴
عدم تعادل	برگ و حریصانه	۳	۴	۱	۳

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۴: پیامدهای بازی و تعیین تعادل در سناریوی چهارم

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{تبادل نش: } \{D_1, R_1\} = (4, 2) \\ \text{تبادل برگ: } \{D_2, R_1\} = (3, 4) \\ \text{تبادل حریصانه} = \begin{cases} \{D_1, R_1\} = 0/33 \\ \{D_2, R_1\} = 0/5 \\ \{D_1, R_2\} = 0/08 \\ \{D_2, R_2\} = 0/12 \end{cases} \rightarrow \{D_2, R_1\} = 0/5, \end{array} \right.$$

در این بازی نتایج نشان می‌دهد که تعادل حریصانه در چارچوب سیاست مالی انبساطی و سیاست پولی انقباضی متناظر با تعادل برگ در بازی است.

۵- تحلیل تعادل در بازی با سه استراتژی برای دو سیاست‌گذار

در این بخش تحلیل بازی در سه استراتژی برای دو مقام پولی و مالی دنبال می‌شود. در اینجا فرض می‌شود که دولت به دنبال اجرای سه استراتژی D_1 ، D_2 و D_3 است که D_1 شامل انقباضی‌ترین و D_3 نیز انبساطی‌ترین و D_2 حد وسط دو استراتژی است و از طرف دیگر بهترین پاسخ بانک مرکزی نیز در چارچوب سه استراتژی R_1 ، R_2 و R_3 شکل می‌گیرد که در آن R_1 شامل انقباضی‌ترین و R_3 انبساطی‌ترین و R_2 حد وسط دو استراتژی مقام پولی تعریف می‌شود. با ورود استراتژی سوم در بازی، ماتریس (۶) را می‌توان به صورت ماتریس (۱۱) نشان داد.

ماتریس ۱۱: بازی بین دو سیاست‌گذار پولی با فرض سه استراتژی

بانک مرکزی دولت		سیاست پولی		
		R_3	R_2	R_1
سیاست مالی	D_1	$\pi + \tau \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \tau \frac{dG}{dR} \Delta R$	$\pi + \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \frac{dG}{dR} \Delta R$	π G
	D_2	$\pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D + \tau \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \frac{dG}{dD} \Delta D + \tau \frac{dG}{dR} \Delta R$	$\pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D + \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \frac{dG}{dD} \Delta D + \frac{dG}{dR} \Delta R$	$\pi + \frac{d\pi}{dD} \Delta D$ $G + \frac{dG}{dD} \Delta D$
سیاست مالی	D_3	$\pi + \tau \frac{d\pi}{dD} \Delta D + \tau \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \tau \frac{dG}{dD} \Delta D + \tau \frac{dG}{dR} \Delta R$	$\pi + \tau \frac{d\pi}{dD} \Delta D + \frac{d\pi}{dR} \Delta R$ $G + \tau \frac{dG}{dD} \Delta D + \frac{dG}{dR} \Delta R$	$\pi + \tau \frac{d\pi}{dD} \Delta D$ $G + \tau \frac{dG}{dD} \Delta D$

منبع: یافته‌های پژوهش

در این ماتریس نیز بر اساس تغییر در مشتقات جزئی بین آثار نرخ بهره و کسری بودجه بر نرخ رشد اقتصادی و سطح تورم و با الگوبرداری از یک مدل خطی به تحلیل بازی خواهیم پرداخت. در ادامه تحلیل‌ها بر اساس سناریوهای ارائه شده در بخش قبل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، به طوری که دولت با توجه به استراتژی‌های پیش رو، به بالاترین رشد اقتصادی ارجحیت ۹ و به

پایین‌ترین رشد اقتصادی ارجحیت ۱ را نسبت می‌دهد و بانک مرکزی نیز به پایین‌ترین تورم رتبه ۹ و به بالاترین تورم رتبه ۱ را اختصاص خواهد داد.

همانند بخش قبل در اینجا چهار سناریو مطرح است، که به ترتیب در ماتریس‌های (۱۲) تا (۱۵) نشان داده می‌شود. فروض مربوط به هر ماتریس به ترتیب مشابه چهار سناریوی مطرح شده در مدل همراه با دو استراتژی است. در این بخش با توجه به فروض مربوط به سناریوی اول و بر اساس ماتریس پیامد (۱۲) تعادل نش جایی است که دولت استراتژی D_1 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 به آن پاسخ می‌دهد یعنی جایی که $\{D_1, R_1\} = (9,4)$ و از طرف دیگر تعادل برگ جایی است که دولت استراتژی D_3 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 پاسخ می‌دهد یعنی انتخاب استراتژی $\{D_3, R_1\} = (4,9)$. با این حال تعادل حریصانه در این بازی در دو سلول رخ می‌دهد که متناظر با استراتژی تعادلی نش و برگ هستند، یعنی $\{D_1, R_1\} = \{D_3, R_1\} = 0/16$. در اینجا نیز استراتژی بهینه از نگاه دولت دنبال کردن یک بازی خودخواهانه زمانی است که دولت و بانک مرکزی استراتژی سیاست مالی و پولی انقباضی را اجرا کنند و از نگاه بانک مرکزی دنبال کردن یک بازی ایثارگرانه متقابل زمانی که استراتژی بهینه ترکیبی بر اساس سیاست مالی انبساطی و سیاست پولی انقباضی اجرا شود.

ماتریس ۱۲: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی اول

	بانک مرکزی دولت			
	R_1	R_2	R_3	
دولت D_1	۴	۲	۱	۶
دولت D_2	۷	۵	۳	۳
دولت D_3	۹	۸	۶	۱

	بانک مرکزی دولت			
	R_1	R_2	R_3	
دولت D_1	۴	۲	۱	۶
دولت D_2	۷	۵	۳	۳
دولت D_3	۹	۸	۶	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

حال با توجه به ماتریس (۱۳) و فروض مربوط به سناریوی دوم به دنبال یافتن سه تعادل هستیم. تعادل نش جایی است که دولت استراتژی D_1 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 به آن پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_1, R_1\} = (9,6)$ که در این سناریو بانک مرکزی منفعت بیشتری

نسبت به سناریوی اول کسب می‌کند. از طرف دیگر تعادل برگ جایی است که دولت استراتژی D_3 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 به آن پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_3, R_1\} = (6,9)$. همچنین در این وضعیت ما با سه تعادل حریصانه در این بازی در سه سلول مواجه هستیم که دو مورد آن متناظر با استراتژی تعادلی نش و برگ و سومی جایی است که دولت D_2 و بانک مرکزی R_1 را انتخاب می‌کند یعنی $\{D_1, R_1\} = \{D_2, R_1\} = \{D_3, R_1\} = 0/25$. از این رو با انتخاب یک بازی شبه‌همکاری سه تعادل در این بخش قابل استخراج است.

ماتریس ۱۳: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی دوم

		بانک مرکزی					بانک مرکزی		
		دولت					دولت		
R_2	R_1	R_1	R_2	R_2	R_1	R_1	R_2	R_2	R_1
عدم تعادل	عدم تعادل	نش و حریصانه			۱	۳	۶		D_1
عدم تعادل	عدم تعادل	حریصانه			۲	۷	۹		D_2
عدم تعادل	عدم تعادل	برگ و حریصانه			۲	۵	۸		D_3
عدم تعادل	عدم تعادل				۴	۷	۹		D_3
عدم تعادل	عدم تعادل				۱	۳	۶		D_1

منبع: یافته‌های پژوهش

در اینجا بازی بر اساس ماتریس (۱۴) و فروض مربوط به سناریوی سوم مسئله مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در این جا تعادل نش و تعادل حریصانه جایی است که دولت استراتژی D_1 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 به آن پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_1, R_1\} = (9,6)$ و مطلوبیت حاصل از تعادل حریصانه به میزان $0/25$ است. از طرف دیگر تعادل برگ جایی است که دولت استراتژی D_3 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_3, R_1\} = (4,9)$.

ماتریس ۱۴: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی سوم

		بانک مرکزی دولت					بانک مرکزی دولت			
R_+	R_0	R_1		R_+	R_+	R_1		R_+	R_+	R_1
عدم تعادل	عدم تعادل	نش و حریصانه	D_1	۱	۳	۶	۹	D_1		
عدم تعادل	عدم تعادل	عدم تعادل	D_0	۲	۵	۸	۷	D_0		
عدم تعادل	عدم تعادل	برگ	D_+	۳	۷	۹	۴	D_+		

منبع: یافته‌های پژوهش

حال با توجه به ماتریس (۱۵) و فروض مربوط به سناریوی چهارم تعادل نش جایی است که دولت استراتژی D_1 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 به آن پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_1, R_1\} = (9, 4)$ و از طرف دیگر تعادل برگ و حریصانه جایی است که دولت استراتژی D_3 را انتخاب می‌کند و بانک مرکزی با انتخاب استراتژی R_1 پاسخ می‌دهد یعنی $\{D_3, R_1\} = (6, 9)$. مطلوبیت حاصل از تعادل حریصانه برابر با $0/25$ است.

ماتریس ۱۵: ماتریس پیامد و تعادل در سناریوی چهارم

		بانک مرکزی دولت					بانک مرکزی دولت			
R_+	R_+	R_1		R_+	R_+	R_1		R_+	R_+	R_1
عدم تعادل	عدم تعادل	نش	D_1	۱	۲	۴	۹	D_1		
عدم تعادل	عدم تعادل	عدم تعادل	D_0	۳	۵	۷	۸	D_0		
عدم تعادل	عدم تعادل	برگ و حریصانه	D_+	۶	۸	۹	۶	D_+		

منبع: یافته‌های پژوهش

۶- بررسی وضعیت تعادل بین دو سیاست‌گذار بر اساس شواهد اقتصاد ایران

در این بخش بر اساس ماتریس‌ها و ضرایب استخراج شده در بخش‌های قبلی، نتایج تعادلی بازی بین دو سیاست‌گذار پولی و مالی بر اساس داده‌های حقیقی اقتصادی ایران در طول شش برنامه توسعه بعد از انقلاب از سال ۱۳۶۸ تا سال ۱۴۰۰ مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای استخراج سه تعادل

نش، برگ و حریصانه ابتدا ماتریس پیامد در بازی بر اساس ماتریس (۱۶) تشکیل می‌شود. به این صورت که در هر برنامه توسعه انقباضی‌ترین و انبساطی‌ترین سیاست پولی و مالی توسط دو مقام دولت و بانک مرکزی شناسایی و سپس بر اساس ضرایب بدست آمده در معادله‌های (۱۰) تا (۱۳) مقادیر تعادلی رشد اقتصادی و تورم در هر برنامه توسعه بر اساس ماتریس (۵) استخراج می‌شود. نتایج حاصل از این ماتریس در ادامه ارائه شده است:

ماتریس ۱۶: ماتریس پیامد برنامه‌های توسعه ایران

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۲۶	+۰.۲۵	+۰.۲۲
D_2	+۰.۲۳	+۰.۲۲	+۰.۱۷

ب- برنامه دوم توسعه

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۲۶	+۰.۲۱	+۰.۵۹
D_2	+۰.۲۲	+۰.۱۹	+۰.۲۴

الف- برنامه اول توسعه

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۱۸	+۰.۱۴	+۰.۳۸
D_2	+۰.۱۶	+۰.۱۲	+۰.۰۳

ج- برنامه چهارم توسعه

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۱۵	+۰.۱۴	+۰.۵۷
D_2	+۰.۱۳	+۰.۱۲	+۰.۲۷

پ- برنامه سوم توسعه

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۳۶	+۰.۳۵	+۰.۱۲
D_2	+۰.۳۵	+۰.۳۴	+۰.۱۳

د- برنامه ششم توسعه

	R_1	R_2	بانک مرکزی دولت
D_1	+۰.۲۸	+۰.۲۱	+۰.۰۲
D_2	+۰.۲۸	+۰.۲۰	+۰.۰۱

چ- برنامه پنجم توسعه

منبع: یافته‌های پژوهش

بر این اساس با توجه به این که هدف دولت در این بازی دستیابی به بالاترین رشد اقتصادی و هدف بانک مرکزی دستیابی به کمترین تورم است، سه تعادل نش، برگ و حریصانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به این که در این ماتریس یک بازیکن به دنبال حداکثر کردن پیامد (دولت) و بازیکن دیگر به دنبال حداقل کردن پیامد (بانک مرکزی) است از این رو تعریف ارائه

شده برای تعادل برداری حریصانه در تعریف (۴) و معادله (۳) با فرض اینکه دولت بازیکن ۱ و بانک مرکزی بازیکن ۲ باشد به صورت زیر اصلاح می‌شود:

$$T_G(u(s)) = \frac{1}{M_1 - u_1(s) + 1} \times \frac{1}{u_2(s) - M_2 + 1} \quad (26)$$

که در این معادله $M_1 = \max_{s \in S} u_1(s)$ و $M_2 = \min_{s \in S} u_2(s)$ است. نتایج حاصل از تعادل حریصانه بر اساس معادله (۲۶) در ماتریس (۱۷) نشان داده شده است:

ماتریس ۱۷: تعادل حریصانه برداری در هر بازی

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۵	۰/۹۷	D_1
۰/۹۵	۰/۹۶	D_2

ب- برنامه دوم توسعه

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۴	۰/۹۸	D_1
۰/۹۳	۰/۹۶	D_2

الف- برنامه اول توسعه

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۳	۰/۹۸۰۳	D_1
۰/۹۱	۰/۹۶	D_2

ج- برنامه چهارم توسعه

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۶	۰/۹۸۰	D_1
۰/۹۵	۰/۹۷	D_2

ب- برنامه سوم توسعه

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۷	۰/۹۹۰	D_1
۰/۹۸	۰/۹۹۵	D_2

د- برنامه ششم توسعه

R_2	R_1	بانک مرکزی دولت
۰/۹۱	۰/۹۹۰	D_1
۰/۹۰	۰/۹۹۵	D_2

ج- برنامه پنجم توسعه

نتایج حاصل از این جداول نشان می‌دهد که در تعادل نش دولت به دنبال دستیابی به یک سیاست مالی انقباضی است و بانک مرکزی نیز یک سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کند و در تعادل برگ نیز دولت یک سیاست مالی انبساطی و بانک مرکزی سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کند. همچنین بر این اساس در طول برنامه اول توسعه تعادل نش برای دولت بیشترین رشد اقتصادی را به همراه دارد و در طول برنامه‌های سوم و چهارم توسعه بانک مرکزی در تعادل نش با پایین‌ترین تورم مواجه است. همچنین در تعادل برگ نیز دولت در برنامه سوم توسعه با بیشترین رشد اقتصادی مواجه است و در این وضعیت بانک مرکزی نیز هم در برنامه سوم توسعه و هم در برنامه چهارم توسعه با پایین‌ترین سطح از تورم مواجه است. همچنین در تعادل بهینه نش نسبت به سایر تعادل‌ها، دولت به بیشترین پیامد خود دست می‌یابد و در سیاست بهینه برگ بانک مرکزی به کمترین تورم دست پیدا خواهد کرد. از طرف دیگر تعادل حریصانه برداری نشان می‌دهد که در برنامه‌های پنجم و ششم اجرای سیاست مالی انبساطی به همراه اجرای سیاست پولی انقباضی بیشترین پیامد برای زمانی که دولت و بانک مرکزی یک بازی شبه همکارانه را در پیش می‌گیرند به ارمغان می‌آورد. با این حال این دو تعادل متناظر با تعادل نوع دوستانه برگ در بازی بین دو سیاست‌گذار است. همچنین در هیچ کدام از این بازی‌ها اقتصاد وارد یک بازی معمای زندانی نمی‌شود.

۷- جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها

نظریه بازی به بررسی رفتار و تعاملات استراتژیک بین n تصمیم‌گیرنده منطقی یا همان بازیکنان می‌پردازد که تصمیمات آنها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارد و کاربرد این نظریه در اقتصاد کلان مدرن به ویژه در ارتباط با تقابل استراتژیک بین سیاست‌گذار پولی و مالی درخور توجه است. در این مطالعه تلاش شده است تا در یک بازی در فرم نرمال به دنبال پاسخ به این سوال باشیم که انواع تعادل بین دو مقام پولی و مالی با داده‌های اقتصاد ایران چگونه رقم می‌خورد و آیا این تعادل‌ها از نوع بازی معمای زندانی هستند یا خیر. در این بازی هدف دولت و بانک مرکزی به ترتیب رسیدن به بالاترین رشد اقتصادی و تثبیت تورم با استفاده از ابزارهای مالی (کسری بودجه) و پولی (نرخ بهره) است. تعادل‌های متفاوتی بررسی شده است که از جمله می‌توان به تعادل نش، تعادل برگ و تعادل حریصانه اشاره کرد. در تعادل نش هر بازیکن به طور انفرادی و منفعت‌جویانه به دنبال حداکثر

کردن سود خود است و از این رو بازیکنان وارد یک بازی از نوع غیرهمکارانه می‌شوند. اما در تعادل برگ بازیکنان یک رفتار نوع دوستانه را در مقابل رقیب خود اعمال می‌کنند و همچنین در تعادل برداری حریصانه بازیکنان وارد یک بازی شبه‌همکارانه می‌شوند و تلاش دارند تا با تشکیل ائتلاف با یکدیگر منافع مشترک خود را حداکثر کنند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در بازی با دو استراتژی توسط دو مقام پولی و مالی، تعادل نش جایی است که دولت و بانک مرکزی هر دو استراتژی سیاست انقباضی را دنبال می‌کنند و در اکثر این موارد تعادل از نوع تعادل بهینه پارتو است اما بازی وارد یک معمای زندانی نمی‌شود. با این حال تعادل برگ در جایی رقم می‌خورد که دولت استراتژی سیاست مالی انبساطی و بانک مرکزی استراتژی سیاست پولی انقباضی را دنبال می‌کنند. با این حال در برخی از سناریوها پیامد بازیکنان بر اساس تعادل نش و برگ متفاوت است. از طرف دیگر در ارتباط با تعادل حریصانه می‌توان بیان کرد که در دو مورد از چهار سناریو تعادل حریصانه در برگ‌گیرنده هر دو تعادل نش و برگ است که نشان می‌دهد با دنبال کردن یک بازی شبه‌همکارانه توسط دولت و بانک مرکزی هر دو تعادل نش و برگ قابل دسترس است. سایر نتایج این بازی نشان می‌دهد که زمانی که حساسیت رشد اقتصادی به نرخ بهره بیشتر از حساسیت رشد اقتصادی به کسری بودجه و همچنین حساسیت تورم به نرخ بهره بیشتر از حساسیت تورم به کسری بودجه باشد، در این وضعیت در تعادل نش این بازی منفعت بانک مرکزی بالاتر و همچنین در تعادل برگ نیز پیامد دولت بالاتر از سناریوی اول است. همچنین تعادل حریصانه نیز در این سناریو پیامد بالاتری را نسبت به سناریوی اول دارد. در ادامه بازی با سه استراتژی نیز مورد بررسی قرار گرفت و پیامد این بازی بسیار مشابه با بازی با دو استراتژی بوده است. همچنین تحلیل وضعیت اقتصاد ایران نشان می‌دهد که اجرای یک سیاست تعادلی و بهینه نش توسط دولت و بانک مرکزی (سیاست مالی و پولی انقباضی) برای دولت بیشترین پیامد را به همراه دارد و همچنین اجرای یک سیاست تعادلی و بهینه برگ توسط دولت و بانک مرکزی بیشترین پیامد را برای بانک مرکزی به همراه دارد. از این رو به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود در اتخاذ سیاست‌های خود به نوع بازی طراحی شده توجه کنند به طوری که چنانچه این دو مقام به دنبال دستیابی به یک بازی غیرهمکارانه باشند باید استراتژی سیاست پولی و مالی انقباضی را دنبال کنند و برای رسیدن به یک تعادل نوع دوستانه و حمایت متقابل بانک مرکزی سیاست پولی

انقباضی و دولت سیاست مالی انبساطی را دنبال کند. برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود که نقش یک بازیگر سوم از جمله سفته‌بازان یا مجلس (قوه مقننه) در بازی بین دولت و بانک مرکزی دیده شود و سپس به بررسی حالت‌های مختلف تعادل در این بازی پرداخته شود. همچنین می‌توان تعادل را در وضعیت پیوسته برای استراتژی‌های بالا در بازی بین دو سیاست‌گذار تحلیل و ارائه کرد.

References

- Afonso, A., Alves, J., & Balhote, R. (2019). Interactions between monetary and fiscal policies. *Journal of Applied Economics*, **22**(1), 132–151.
- Bennett, H., & Loayza, N. (2001). Policy biases when the monetary and fiscal authorities have different objectives. *Economia Chilena*, **3**(2), 53-72
- Berge, C. (1957). *Théorie Générale des Jeux à n-Personnes [General Theory of n-person Games]*. Paris: Gauthier Villars.
http://numdam.org/item/MSM_1957_138_1_0.
- Blinder, A.S. (1983). Issues in the Coordination of Monetary and Fiscal Policy. *NBER Working Papers 0982*, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Carmichael, F. (2005). *A Guide to Game Theory*. Harlow: Prentice Hall
- Chakravarty, S. R., Mitra, M., & Sarkar, P. (2015). *A Course on Cooperative Game Theory*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Colman, A. M., Korner, T.W., Musy, O., & Tazda, T. (2011). Mutual support in games: some properties of Berge equilibria. *Journal of Mathematical Psychology*, **55**(2), 166–175.
- Corley, H. W. (2017). Normative Utility Models for Pareto Scalar Equilibria in n-Person, Semi-Cooperative Games in Strategic Form. *Theoretical Economics Letters*, **7** (6), 1667-1686.
<https://doi.org/10.4236/tel.2017>.
- Demid, E. (2018). Fiscal and Monetary Policy: Coordination or Conflict?. *International Economic Journal*, **32**(4), 547-571.
<https://doi.org/10.1080/10168737.2018.1534133>.
- Deng, x., & Deng, J. (2015). A Study of Prisoner's Dilemma Game Model with Incomplete Information. *Mathematical Problems in Engineering*.
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/452042>
- Dixit A., & Lambertini, L. (2003). Symbiosis of monetary and fiscal policies in a monetary union. *J Int Econ*, **60**(2), 235–247.
- Dixit, A., Skeath, S., & Reiley, D. (2015). *Games of strategy*. W. W. Norton & Company: Fourth edition
- Dwobeng, E., & Corley, H. (2022). Forming Coalitions in Normal-Form Games. *Theoretical Economics Letters*, **12**(5), 1472-1488.
<https://doi.org/10.4236/tel.2022.125080>

- Engwerda, J. C., Bas Van Aarle, B., Plasmans, J., & Weeren, A. (2013). Debt stabilization games in the presence of risk premia. *Journal of Economic Dynamics & Control*, **37**(12), 2525–2546
- Engwerda, J., Mahmoudini, D., & Dalali Isfahan, R. (2016). Government and Central Bank Interaction under Uncertainty: A Differential Games Approach. *Iranian Economic Review*, **20**(2), 225-259.
- Erfani, A., Talebbeydokhti, A., & Shahbazi, B. (2022). Strategic confrontation within monetary and financial authorities, and foreign exchange market participants in Iran: non-cooperative static games approach. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, **30**(102), 217-253. (In Persian).
- Espinola-Arredondo, A., & Muñoz-García, F. (2023). *Game Theory: An Introduction with Step-by-Step Examples 1st ed.* Palgrave Macmillan.
- Fry, M. J. (1986). Saving, Investment, Growth and the Cost of Financial Repression. *World Development*, **14**(3), 317-27.
- Hashemlou, B., Haghghat, J., Sadeghi, H., Agheli, L., & Nobahar, E. (2020). Analyzing the Interaction between the Central Bank and the Plan and Budget Organization (A Case Study of Iran Using Game Theory). *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, **27**(92), 133-175. (In Persian).
- Hotz, G. (2006). *A short introduction to game theory*. https://www.theorie.physik.uni-muenchen.de/lsfrey/teaching/archiv/sose_06/softmatter/talks/Heiko_Hotz-Spieltheorie-Handout.pdf
- Kaminsky, G., Reinhart, C., & Vegh, C. A. (2004). When it rains, it pours: Pro-cyclical capital flows and macroeconomic policies. *NBER Macroeconomics Annual*, **19**, 16–41. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c6668/c6668.pdf>
- Kuttner, K. N. (2002). The Monetary Fiscal Policy mix: Perspectives from the U.S. Bank and Credit 11–12. https://www.researchgate.net/publication/254625058_The_Monetary-Fiscal_Policy_Mix_Perspectives_from_the_US
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1977). Rules Rather Than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans. *Journal of Political Economy*, **85**(3), 473-491.
- Mahmoudinia, D. (2023). *Introductory game theory (application in economics and other fields) first volume*. Vali-e-Asr University of Rafsanjan. (In Persian).
- Mahmoudinia, D., Bakhshi Dastjerdi, R., & Jafari, S. (2018). Extraction of Optimal Fiscal and Monetary Policy Rules in Framework of Game Theory: Application of Dynamic Stochastic General Equilibrium Model. *Quarterly Journal of Applied Theories of Economics*, **4**(15), 143-174. (In Persian).
- Mansourin, N., Mosavi jahromy, Y., Abolhasani, A., & Shayegani, B. (2017). Analyzing the Relationship among Government, Central Bank and Speculators in Iran: Approach of Game Theory and Nash Equilibrium. *Journal of Economics and Modelling*, **7**(28), 139-167. (In Persian).
- Maschler, M., Solan, E., & Zamir, S. (2013). *Game theory*. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town,

- Molaei, M., & Golkhandan, A. (2013). Long-Run and Short- Run Effects of Budget Deficit on Economic Growth in Iran. *Quarterly Journal of Economic Strategy*, 2(5), 95-115. (In Persian).
- Nash, J. F. (1950). The bargaining problem. *Econometrica*, 18 (2), 155-162.
- Nash, J. F. (1951). Noncooperative games. *Annals of Mathematics*, 54(2), 289-295.
- Nordhaus, W. D. (1994). Policy Games: Coordination and Independence in Monetary and Fiscal Policies. *Brookings Papers on Economic Activity*, 25(2), 139-215.
- Osborne, J. M (2002). *An Introduction to Game Theory*. Oxford University Press.
- Rasmusen, E. (2006). *Games and Information: An Introduction to Game Theory*. Wiley-Blackwell
- Sargent T., & Wallace N. (1981). Some Unpleasant Monetarist Arithmetic, *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 5, 1-17. https://doi.org/10.1007/978-1-349-06284-3_2
- Sawicki, P., Pykacz, J., & Bytner, P. (2019). Berge equilibria in n-person 2-strategy games. *Computer Science and Game Theory*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1904.08228>
- Stawska, J., Malaczewski, M., & Szymańska, A. (2019). Combined monetary and fiscal policy: the Nash Equilibrium for the case of noncooperative game. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 32(1), 3554-3569.
- Stawska, J., Malaczewski, M., Malaczewska, P., & Stawasz-Grabowska, E. (2023). The central bank or the government – who really dictates the terms of the policy-mix cooperation in economies with an independent monetary policy?, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36(2), 2142258.
- Tabellini, G. (1986). Money, Debt and Deficits in a Dynamic Game. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 10(4), 427-442.
- Tavakolian, H., Taherpour, J., & Mohsenpour, F. (2019). Monetary and Fiscal Policy Interaction in Iran: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Approach. *Quarterly Journal of Economic Research and Policies*, 27(90), 195-241. (In Persian).
- Vaisman, K. S. (1994). The Berge Equilibrium for Linear-Quadratic Differential Games. The 3-rd International Workshop on Multiple Criteria Problems under Uncertainty, Orekhovo-Zuevo, Russia, 96.
- Vaisman, K. S., & Zhukovskiy, V. (1994) The Berge Equilibrium under Uncertainty. The 3rd International Workshop on Multiple Criteria Problems under Uncertainty. *Orekhovo-Zuevo, Russia*, 97-98.
- Van Aarle, B., Bovenberg, L., & Raith, M. (1995). Monetary and fiscal policy interactions and debt stabilization. *Journal of Economics*, 62(2), 111-140.
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Woroniecka-Leciejewicz, I. (2010) Decision interactions of the monetary and fiscal authorities in the choice of policy mix. *Journal of Organisational Transformation & Social Change*, 7(2), 189-210.

- Woroniecka-Leciejewicz, I. (2015). Equilibrium strategies in a fiscal-monetary game: a simulation analysis. *Operation research and decision*. DOI: 10.5277/ord150205
- Zapata, A., Mármol, A. M., & Monroy, L. (2024). Berge equilibria and the equilibria of the altruistic game. *TOP*, **32**, 83-105. <https://doi.org/10.1007/s11750-023-00659-3>
- Zhukovskiy, VI. (1985). Some problems of non-antagonistic differential games. In: Kenderov P (ed) *Matematicheskie Metody v Issledovanii Operacij* (Mathematical Methods in Operations Research) 103–195. Bulgarian Academy of Sciences, Sofia.