

## تعیین قاعده بهینه سیاست پولی در اقتصاد ایران با استفاده از تئوری کنترل بهینه

منصور خلیلی عراقی

استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

حامد شکوری

استادیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تهران

محمد زنگنه

دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۷

### چکیده

در این مقاله با استفاده از روش‌های کنترل بهینه، قاعده سیاست بهینه پولی برای اقتصاد ایران با این فرض که سیاست‌گذار از نرخ بهره به عنوان ابزار سیاستی استفاده می‌کند، استخراج می‌شود. برای این منظور یک مدل دینامیک تصادفی شامل انتظارات عقلایی برای اقتصاد کشور، ارایه و پارامترهای آن با توجه به مقادیر ضرایب به دست آمده در مطالعات قبلی تنظیم می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که رفتار بهینه سیاست‌گذار این است که نرخ بهره را در پاسخ به نوسان مثبت در تورم، تولید، حجم پول، افزایش و در پاسخ به شوک تکنولوژی کاهش دهد. همچنین لازم است سیاست‌گذار نسبت به افزایش حجم پول به صورت تهاجمی واکنش نشان دهد. یافته‌ها همچنین حاکی از این است که تحت هیچ‌یک از سناریوهای در نظر گرفته شده برای تابع زیان سیاست‌گذار، قاعده بهینه سیاستی نرخ بهره شامل واکنش به قیمت‌داری‌ها نمی‌شود.

طبقه‌بندی JEL: E58، E52، E61.

کلید واژه: قاعده سیاستی بهینه، سیاست پولی، انتظارات عقلایی، کنترل بهینه.

## ۱- مقدمه

طی سال‌های اخیر در علم اقتصاد توجه بسیار زیادی به نحوه اجرای سیاست‌های پولی معطوف شده است. یکی از نشانه‌های این موضوع، تعداد قابل ملاحظه مقاله‌ها و سمینارهایی است که به این موضوع اختصاص یافته‌است. هم‌چنین، بسیاری از اقتصاددانان حوزه کلان، طی سال‌های اخیر به نوعی پاسخ به این سوال را جستجو کرده‌اند که اعمال سیاست‌های پولی از چه قاعده‌ای پیروی می‌کند و یا باید پیروی کند؟ (کلاریدا و همکاران، ۱۹۹۹). قاعده سیاستی ساده تیلور<sup>۱</sup> مثال بارزی از تلاش به منظور تبیین قاعده تصمیم‌گیری سیاست‌گذار پولی است.

دو موضوع مبنای توجه به سیاست‌ها و قواعد سیاستی پولی است. از یک سو، بعد از یک دوره طولانی که طی آن، تنها بر اثر عوامل غیرپولی بر شکل‌دهی ادوار تجاری تأکید می‌شد، طی دهه ۱۹۸۰ جریانی از مطالعات تجربی شکل گرفت که بر نقش سیاست‌های پولی در تعیین رفتار کوتاه‌مدت اقتصاد تأکید می‌کرد. از سوی دیگر، پیشرفت‌های قابل توجهی در چارچوب‌های نظری تحلیل‌های پولی ایجاد شد که در آن‌ها برای تحلیل‌های سیاستی، تکنیک‌های تئوری تعادل عمومی دینامیک<sup>۲</sup> مورد استفاده قرار گرفت. یک تغییر اساسی در تئوری ادوار تجاری حقیقی که توسط کینزین‌های جدید طرح شد و امکان مطالعات سیاستی را در قالب این مدل‌ها فراهم کرد، وارد کردن نقصان‌های مختلف از قبیل چسبندگی قیمت‌ها بود.

هدف نهایی از تحقیقات مربوط به حوزه سیاست‌های اقتصادی، ارائه توصیه در زمینه چگونگی مدیریت این سیاست‌ها است. استفاده از قواعد سیاستی به عنوان یکی از مورد قبول‌ترین روش‌ها در مطالعه سیاست‌های پولی و مالی، از بارزترین ویژگی‌های تحقیقات مربوط به حوزه سیاست‌گذاری در چند دهه اخیر (و به خصوص از دهه ۱۹۹۰ به بعد) به شمار می‌رود. یک قاعده سیاستی بیان می‌کند که ابزارهای سیاستی چگونه باید به تغییرات در وضعیت اقتصاد واکنش نشان دهند. امروزه تمایل بسیار زیادی به استفاده از قواعد سیاستی به عنوان راهنمای اتخاذ تصمیمات سیاستی نزد کارکنان و مقامات بانک‌های مرکزی وجود دارد (تیلور، ۲۰۰۰).

1- Taylor, 1993.

۲- این مدل‌ها اولین بار توسط کیدلند و پرسکات (۱۹۸۲)، در قالب نظریه ادوار حقیقی تجاری (Real Business Cycle models) معرفی شدند و پس از آن مبنای این مدل‌ها به یک برنامه استاندارد در مطالعات اقتصاد کلان و اقتصاد پولی تبدیل شد.

اگرچه استخراج قواعد بهینه سیاستی در خارج از ایران از ادبیات تجربی و نظری بسیار گسترده‌ای برخوردار است، بررسی ما در خصوص مطالعات انجام شده پیرامون سیاست‌های پولی در ایران حاکی از این است که بیش‌تر مطالعات انجام شده در این حوزه بر تحلیل رفتار واقعی سیاست‌گذار تمرکز داشته و یا به بررسی اثرات رفتار سیاست‌گذار بر سایر متغیرهای اقتصاد کلان می‌پرداخته‌اند. به‌طور مشخص (تا آن‌جا که نگارندگان می‌دانند)، تا کنون مطالعه‌ای در ارتباط با سیاست‌گذاری مطلوب نرخ بهره (که طی سال‌های اخیر توجه بسیاری را در محافل سیاست‌گذاری به خود اختصاص داده است)، در کشور انجام نشده است. در این مقاله قاعده بهینه سیاستی برای نرخ بهره براساس یک مدل انتظارات عقلایی که از مسایل حداکثرسازی عوامل اقتصادی حاصل می‌شود، به‌دست می‌آید.

## ۲- مروری بر ادبیات موضوع و ویژگی‌های مقاله

اگرچه تحقیقات مربوط به استخراج قواعد سیاستی حتی قبل از معرفی نظریه انتظارات عقلایی در علم اقتصاد آغاز شده‌است (به عنوان مثال فریدمن (۱۹۵۱)، فیلیپس (۱۹۵۴) و بامول (۱۹۶۱))، طی دو دهه اخیر به دلیل وقوع انقلاب انتظارات عقلایی و تحولات مهمی که در متدولوژی مدل‌سازی در اقتصاد کلان (در قالب تحقیقات انجام شده در مکاتب ادوار تجاری حقیقی و کینزین جدید) رخ داده است، بر اهمیت قواعد پولی و لزوم تعهد سیاست‌گذاران بر پیروی از خط مشی‌های معین در سیاست‌گذاری افزوده شده است.

کلاریدا و همکاران (۱۹۹۹)، دیدگاه‌های کینزی جدید در زمینه سیاست‌های پولی مرور کرده و یافته‌های حاصل از تحقیقات اخیر در ارتباط با موضوع را ارایه می‌کنند. آن‌ها با ارایه یک مدل ساده (شامل دو معادله IS و فیلیپس کینزی جدید) و معرفی یک تابع درجه دوم به عنوان تابع زیان سیاست‌گذار، یافته‌های اخیر در حوزه سیاست‌های پولی را که از آن به عنوان علم سیاست‌های پولی یاد می‌کنند طرح و موضوعات مربوط به تعهد<sup>۱</sup> سیاست‌گذار و یا رفتار صلاحیدی<sup>۲</sup> آن را بررسی می‌کنند.<sup>۳</sup> مجموعه یافته‌های

1- Commitment.

2- discretionary .

۳- برای مطالعه مسایل فنی و جزئیات موضوع به مقاله کلاریدا و همکاران (۱۹۹۹)، که یک منبع اصلی در این زمینه به شمار می‌رود، مراجعه کنید.

حاصل از مرور ادبیات موضوع حاکی از این است که تحقیقات اخیر روی قواعد سیاستی برای نرخ بهره تمرکز داشته‌اند (برای مطالعه مجموعه‌ای متنوع از مطالعات انجام شده در زمینه قواعد سیاست پولی می‌توانید به تیلور (۱۹۹۹) مراجعه فرمایید). هم‌چنین، مدل اقتصاد کلان به عنوان یکی از اجزای اصلی در استخراج قواعد سیاستی، در بیش‌تر مطالعات انجام شده به صورت یک سیستم دینامیک تصادفی با انتظارات عقلایی طراحی می‌شود. طی سال‌های اخیر، گروهی از مطالعات به استخراج قواعد سیاستی در قالب مدل‌های تعادل عمومی دینامیک تصادفی (DSGE)<sup>۱</sup> کینزی جدید پرداخته‌اند، که از آن جمله می‌توان به اشمیت روهه و اوریب (۲۰۰۴) و مقالاتی که در آن ارجاع شده‌اند، اشاره کرد. در نهایت، موضوعی که توجه روز افزونی را به خود معطوف داشته، این پرسش است که آیا قواعد پولی باید با توجه به بی‌ثباتی بازارهای مالی و قیمت‌داری‌ها تنظیم شوند یا خیر. از مجموعه مطالعات انجام شده در این حوزه می‌توان به گیلکریست و سایتو (۲۰۰۶)، گیلکریست و لیهی (۲۰۰۲)، برنانکی و گرتلر (۲۰۰۱ و ۲۰۰۰)، اشاره کرد.

در این میان مطالعات معدودی در اقتصادی ایران به تعیین رفتار بهینه سیاست‌گذار توجه داشته‌اند که از آن جمله می‌توان به تهرانچیان و ابدی‌راد (۲۰۰۷)، اشاره کرد. این دو محقق با طراحی و تخمین یک مدل اقتصاد کلان قواعد بهینه سیاست پولی و مالی را با استفاده از روش‌های کنترل بهینه استخراج می‌کنند. جعفری صمیمی و همکاران (۲۰۰۶) نیز با استفاده از روش کنترل بهینه، قواعد بهینه پولی و مالی را ارائه می‌کنند. در نهایت محمود علوی (۱۳۸۱) نیز قاعده بهینه سیاست پولی را برای حجم پول بر اساس هدف گذاری تورم در ایران برای دو حالت اقتصاد باز و بسته استخراج می‌کند. این مطالعات حداقل در دو خصوصیت مشترکند، اول این‌که، در هیچ‌یک از این مطالعات قاعده بهینه برای نرخ بهره استخراج نمی‌شود. نکته دوم این‌که، در مطالعات مذکور از مدل‌های دینامیک تصادفی که در ادبیات جدید اقتصاد کلان متداول و مبتنی بر تئوری‌های اقتصاد خرد می‌باشند و در آن‌ها انتظارات به صورت عقلایی شکل می‌گیرند- نیز استفاده نمی‌شود.

مقاله حاضر با در نظر داشتن تحولات اخیر در حوزه سیاست‌های پولی از چند ویژگی اساسی برخوردار است که جایگاه و سهم مقاله را در ادبیات مربوط به

1- Dynamic Stochastic General Equilibrium models.

سیاست‌های پولی در اقتصاد ایران روشن می‌سازد. اول، این که در این مقاله قاعده بهینه برای نرخ بهره تعیین می‌شود. موضوع چگونگی تعیین نرخ بهره در سال‌های اخیر در کانون مباحث مربوط به سیاست‌های پولی قرار داشته است. برخی معتقدند که نرخ بهره باید با توجه به نرخ تورم تعیین شود و برخی تغییرات تولید را عامل مهم در تعیین نرخ بهره قلمداد می‌کنند. گروهی دیگر (از بین سیاست‌گذاران) بر لزوم کاهش نرخ بهره مستقل از متغیرهایی نظیر تولید و تورم و با این استدلال که کاهش آن رونق سرمایه‌گذاری بوده و تولید را در پی خواهد داشت، تأکید دارند. ویژگی مشترک بخش عمده بحث‌های مطرح شده در این زمینه، فقدان یک تحلیل کمی از قاعده مطلوب برای تعیین نرخ بهره در پاسخ به شرایط اقتصاد کلان است. بدین ترتیب، نیاز به یک تحلیل کمی که بتواند به عنوان راهنمایی برای سیاست‌گذاران عمل کند، به شدت احساس می‌شود. در این مقاله با استخراج قاعده بهینه سیاست‌گذاری برای نرخ بهره و با این امید که سرآغازی بر یک برنامه مطالعاتی در خصوص نحوه سیاست‌گذاری نرخ بهره در اقتصاد کشور باشد، در جهت رفع این کاستی تلاش می‌شود.

ویژگی دوم مقاله این است که مدل مورد استفاده از رفتار حداکثرسازی عوامل اقتصادی استخراج می‌شود. به عبارت دیگر، مدل ارائه شده فرم لگارتیم-خطی<sup>۱</sup> ساده شده‌ای از یک مدل دینامیک تصادفی است؛ این رویکرد با جریان اصلی مورد استفاده در تحلیل‌های سیاستی سازگار است (بولارد و میترا، ۲۰۰۱). به عبارت دیگر، مدل ارائه شده از مبانی قوی تئوریک اقتصاد خرد برخوردار است. لازم به ذکر است که بسیاری از مدل‌های مورد استفاده در تحلیل‌های سیاستی مدل‌های کوچک آینده‌نگر هستند، که از این جمله می‌توان به کلاریدا و همکاران (۱۹۹۹)، مک‌کالم و نسلون (۱۹۹۹) و وودفورد (۱۹۹۹)، اشاره کرد.

ویژگی سوم این است که در مدل ارائه شده انتظارات به صورت عقلایی شکل می‌گیرند. هم‌اکنون فرضیه انتظارات عقلایی به عنوان روش متعارف شکل‌گیری انتظارات در مدل‌های اقتصاد کلان به شمار می‌رود. این نظریه که بیان می‌کند انتظارات عوامل اقتصادی با پیش‌بینی‌هایی که از مدل‌های مورد استفاده برای توضیح رفتار آن متغیرها به دست می‌آید، معادل است، اولین بار توسط جان موث در سال ۱۹۶۰ معرفی شد. اما طی دهه ۱۹۷۰ بود که با مقالات رابرت لوکاس (۱۹۷۲ و ۱۹۷۶) این نظریه

وارد مدل‌های اقتصاد کلان شد و مورد استقبال قرار گرفت. معرفی این نظریه مزایای استفاده از قواعد سیاستی را به عنوان روش سیاست‌گذاری به میزان زیادی افزایش داده است (تیلور ۲۰۰۰).

ظهور و پذیرش نظریه انتظارات عقلایی در مدل‌های اقتصاد کلان، جریان عمومی مربوط به تحقیقات سیاست‌های اقتصاد را تغییر داده است (تیلور، ۲۰۰۰). منظور از جریان عمومی روش‌های تحقیقی مورد استفاده توسط اقتصاددانان حوزه کلان است، که در دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی یا مراکز سیاست‌گذاری فعال هستند. با وجود انتظارات عقلایی، انتظارات عوامل اقتصادی نسبت به سیاست‌های دولت نقش قابل توجهی را در تعیین اثرات ناشی از تغییر در ابزارهای سیاستی بر وضعیت اقتصاد، ایفا می‌کند. بنابراین، به منظور بررسی اثر سیاست‌ها، باید تعیین شود که سیاست‌های آینده تحت شرایط مختلف چگونه تعیین می‌شود؛ این برنامه‌های اقتضایی<sup>۱</sup> چیزی جز قواعد سیاستی نیستند.

ویژگی چهارم این مقاله در نظر گرفتن قیمت‌داری‌ها در مدل است. این کار امکان پاسخ‌گویی به یکی از مهم‌ترین سوال‌های ادبیات جدید مربوط به سیاست‌های پولی را فراهم می‌کند: آیا سیاست‌گذار پولی باید در اعمال سیاست‌ها (تغییر نرخ بهره) به قیمت‌داری‌ها توجه داشته باشد؟ در پاسخ به این سؤال ادبیات جدید اقتصاد کلان دستوری<sup>۲</sup>، برنانکی و گرتلر (۲۰۰۱)، تغییرات غیربنیادین قیمت‌داری‌ها را در قالب یک مدل تعادل عمومی دینامیک تصادفی (DSGE)<sup>۳</sup> کینزی جدید با وجود نقصان در بازارهای مالی وارد کردند و نشان دادند که اگر سیاست‌گذار پولی به‌طور سخت‌گیرانه به قیمت‌داری‌ها واکنش نشان دهد، دیگر منفعتی در واکنش به قیمت‌داری‌ها برای اقتصاد ایجاد نخواهد شد. گیلکریست و لیهی (۲۰۰۲) نیز با در نظر گرفتن شوک‌های تکنولوژیکی و شوک‌های ارزش خالص شرکت‌ها در چند نسخه متفاوت از مدل‌های ادوار تجاری تعادلی، نتوانستند شواهدی در حمایت از ورود قیمت‌داری‌ها به تابع سیاست‌گذاری بیابند.

از سوی دیگر، سچتی و همکاران (۲۰۰۰)، بحث می‌کنند که واکنش به قیمت‌داری‌ها می‌تواند منافی را برای اقتصاد به دنبال داشته باشد. هم‌چنین، در مطالعه‌ای

1- contingency plans .

2- new normative macroeconomics.

3- Dynamic Stochastic General Equilibrium .

جدیدتر، گیلکریست و سایتو (۲۰۰۶)، توانستند منافعی را در واکنش سیاست‌گذار پولی به قیمت‌داری‌ها شناسایی کنند. در مجموع، مطالعات انجام شده در این زمینه، نتایجی را در تأیید و رد لزوم واکنش سیاست‌گذار به قیمت‌داری‌ها ارائه نموده‌اند. مقاله حاضر امکان پاسخ‌گویی به این سؤال را فراهم می‌کند که آیا لازم است سیاست‌گذار پولی در ایران نگران تغییر در قیمت‌داری‌ها باشد، یا خیر.

در ادامه ابتدا مدل مورد استفاده جهت استخراج قاعده بهینه سیاست پولی ارائه می‌شود. در قسمت سوم، مدل، حل و پارامترهای آن تنظیم<sup>۱</sup> شده و رفتار متغیرهای اصلی اقتصاد کلان در پاسخ به شوک‌ها تحلیل می‌شود. قواعد بهینه سیاستی تحت سناریوهای مختلف در خصوص ترجیحات سیاست‌گذار (که با وزن‌های مختلف در تابع زیان بیان می‌شود) در قسمت چهارم ارائه شده است. قسمت پایانی به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد برای مطالعات بعدی در این زمینه اختصاص دارد.

### ۳- مدل

روابط زیر که یک مدل ساختاری را ارائه می‌کنند، یک سیستم دینامیک تصادفی را برای توضیح رفتار ۵ متغیر درون‌زا و ۲ متغیر برون‌زا تشکیل می‌دهد. همه روابطی که رفتار خانوار و بخش تولید اقتصاد را توضیح می‌دهند (روابط (۱) - (۵))، از شرایط حداکثر سازی عوامل اقتصادی در سطح خرد و با فرض وجود انتظارات عقلایی استخراج می‌شوند. از این‌رو، پارامترهای مدل در مقابل تغییر در رفتار سیاست‌گذار پایدار هستند و چارچوب مناسبی را برای استخراج قاعده سیاستی بهینه فراهم می‌کنند. با توجه به این‌که هم‌اکنون سیاست پولی مستقلی در اقتصاد ایران اعمال نمی‌شود و یا حداقل می‌توان ادعا کرد که نرخ بهره ابزار سیاست‌گذاری پولی به شمار نمی‌رود، در مدل ارائه شده برای اقتصاد کشور نرخ بهره به عنوان ابزار سیاست‌گذاری مدل‌سازی نمی‌شود.

$$\tilde{y}_t = E_t \tilde{y}_{t+1} - a_1 (\tilde{r}_t - E_t \tilde{\pi}_{t+1}) + a_2 q_{t-1} \quad (1)$$

$$\tilde{m}_t = \gamma_1 \tilde{y}_t - \gamma_2 \tilde{y}_{t-1} \quad (2)$$

$$\tilde{q}_t = \theta_1 E_t \tilde{q}_{t+1} - (\tilde{r}_t - E_t \tilde{\pi}_{t+1}) + \tilde{\theta} E_t d_{t+1} \quad (3)$$

$$\tilde{\pi}_t = \omega_1 E_t \tilde{\pi}_{t+1} + \omega_2 \tilde{y}_{t-1} + \omega_3 \tilde{m}_t + \omega_4 \tilde{\pi}_{t-1} - \tilde{z}_t \quad (4)$$

$$\tilde{d}_t = \phi_1 \tilde{y}_t + \phi_2 \tilde{z}_t \quad (5)$$

$$\tilde{m}_t = \rho_m \tilde{m}_{t-1} + \varepsilon_{mt} \quad (۶)$$

$$\tilde{z}_t = \rho_z \tilde{z}_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (۷)$$

در روابط فوق،  $\tilde{y}_t$  تقاضای کل،  $\tilde{m}_t$  حجم پول،  $\tilde{i}_t$  بهره ناخالص<sup>۱</sup>،  $\tilde{\pi}_t$  نرخ تورم ناخالص  $(P_t/P_{t-1})$ ،  $\tilde{q}_t$  قیمت دارایی‌ها،  $\tilde{d}_t$  سود بنگاه‌ها و  $\tilde{z}_t$  معرف سطح تکنولوژی است. تمامی روابط فوق برحسب انحراف لگارتیم-خطی متغیرها از مقادیر باثبات‌شان ارایه شده‌اند (به همین منظور تمامی متغیرها با علامت ~ نشان داده شده‌اند).

#### ۴- توضیح روابط و مبانی نظری مدل

مدل ارایه شده، فرم خطی یک مدل دینامیک تصادفی است، که بر اساس رفتار حداکثر سازی عوامل اقتصاد در سطح خرد استخراج می‌شود. رابطه (۱)، معادله تقاضای کل اقتصاد یا منحنی IS آینده‌نگر، که اولین بار توسط مک‌کالم و نلسون (۱۹۹۹) استخراج شد، را نشان می‌دهد. این رابطه از شرایط مرتبه اول مسأله حداکثر سازی مطلوبیت خانوار در قالب یک مدل دینامیک تصادفی (آن گونه که در ادامه توضیح داده خواهد شد) قابل استخراج است و نرخ نهایی جانشینی خانوار بین مصرف و پس‌انداز را به نرخ بهره حقیقی مرتبط می‌کند. البته در این رابطه به تبعیت از آلکساندر و باکائو (۲۰۰۵)، قیمت دارایی‌ها برای لحاظ کردن اثر ثروت وارد شده است. رابطه (۲)، منحنی تقاضای پول است و ضرایب  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$ ، به ترتیب معرف کشش تقاضای پول نسبت به درآمد و نرخ بهره‌اند. این رابطه نیز از شرط مرتبه اول بهینه‌سازی خانوار مشروط به این که پول در تابع مطلوبیت وارد شود، قابل حصول است. رابطه (۳) که معادله قیمت‌گذاری دارایی‌ها است نیز از شرط مرتبه اول حداکثرسازی خانوار به دست می‌آید.

برای استخراج رابطه ۱ تا ۳، یک مسأله حداکثرسازی به شرح زیر برای خانوار تعریف می‌کنیم:  
تابع مطلوبیت خانوار:

$$U(c_t, h_t, M_t/P_t) = \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{h_t^{1+\gamma}}{1+\gamma} + V(M_t/P_t)$$

۱- بهره ناخالص، معادل با نرخ بهره به علاوه یک است.



که در این رابطه،  $c_t$  مصرف،  $h_t$  نیروی کار و  $M_t/P_t$  مانده‌های حقیقی پول بوده و تمامی پارامترها مثبت و  $V$  صعودی و مقعر فرض شده‌اند. قید بودجه خانوار:

$$c_t \leq \frac{W_t}{P_t} h_t + \frac{T_t}{P_t} + n_{t-1} d_t - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - q_t (n_t - n_{t-1}) - \frac{B_t/r_t - B_{t-1}}{P_t}$$

قید بودجه نیز بیانگر این است که خانوار در حالی وارد دوره  $t$  می‌شود که مقدار  $M_{t-1}$  موجودی پول، مقدار  $B_{t-1}$ ، اوراق قرضه، منابع مالی حاصل از فروش تعداد  $n_{t-1}$  سهم شرکت‌های تولیدی به قیمت هر سهم  $q_t$ ، میزان  $d_t$  سود به ازای هر سهم و میزان  $T_t$  پرداخت انتقالی یک‌جا از طرف دولت که همگی حاصل از فعالیت‌های دوره گذشته بوده‌اند را در ابتدای دوره جاری در اختیار دارد. در دوره  $t$  خانوار  $c_t = C_t/P_t$  واحد در قیمت  $P_t$  مصرف می‌کند و مقدار  $M_t$ ، موجودی پول و  $B_t$  اوراق قرضه را نگهداری کرده و به دوره بعد  $t+1$  منتقل می‌کند. اوراق قرضه ای که طی دوره  $t$  نگهداری می‌شود به قیمت اسمی  $B_t/r_t$  خریداری می‌شود که  $r_t$  بهره ناخالص اسمی بین دوره  $t$  و  $t+1$  است. همچنین میزان  $q_t n_t$  از منابع دوره جاری نیز به خریداری سهام جدید اختصاص می‌یابد.

برای حداکثرسازی تابع مطلوبیت نسبت به قید بودجه تابع لاگرانژ را به شکل زیر تشکیل می‌دهیم:

$$\begin{aligned} \ell = & E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[ \frac{c_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{h_t^{1+\gamma}}{1+\gamma} + V(M_t/P_t) \right] \\ & + E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_t \left[ c_t - \frac{W_t}{P_t} h_t - \frac{T_t}{P_t} - n_{t-1} d_t + \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} \right. \\ & \left. + q_t (n_t - n_{t-1}) + \frac{B_t/r_t - B_{t-1}}{P_t} \right] \end{aligned}$$

با مشتق‌گیری جزئی به ترتیب نسبت به  $c_t, h_t, n_t, m_t$  و  $q_t$ ، شرایط مرتبه اول حداکثرسازی خانوار به شرح زیر خواهد بود:

$$c_t^{-\sigma} = -\lambda_t \quad (8-الف)$$

$$c_t^{\sigma} h_t^r = \frac{W_t}{P_t} \quad (8-ب)$$

$$c_t^{-\sigma} q_t = \beta E_t \left[ c_{t+1}^{-\sigma} (q_{t+1} + d_{t+1}) \right] \quad (۸-ج)$$

$$V' = c_t^{-\sigma} - \beta E_t \left[ \frac{c_{t+1}^{-\sigma}}{\pi_{t+1}} \right] \quad (۸-د)$$

$$c_t^{-\sigma} = r_t \beta E_t \left[ \frac{c_{t+1}^{-\sigma}}{\pi_{t+1}} \right] \quad (۸-ه)$$

در چهار رابطه آخر از مجموعه روابط (۸)، به جای  $\lambda_t$  از رابطه (۸-الف)، جای گذاری شده است. رابطه (۸-ه)، معادله اولر مصرف کننده را بیان می کند. با لگاریتم-خطی کردن روابط (۸-ب) تا (۸-ه) و با انجام عملیات ساده جبری، روابط ۱ تا ۳ استخراج می شود (یک روش ساده برای لگاریتم-خطی کردن روابط در پیوست ۱ ارائه شده است)<sup>۱</sup>. تنها نکته این است که در رابطه (۲) قیمت دارایی‌ها به منظور وارد کردن اثر ثروت وارد می شود.

رابطه (۴)، منحنی فیلیپس آینده‌نگر را ارائه می کند، که در این رابطه  $\tilde{z}_t$  معرف شوک تکنولوژی است که از یک فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول مطابق با رابطه (۷) تبعیت می کند. در رابطه (۷)،  $-1 < \rho_z < 1$  و  $Z > 0$  بوده و  $\varepsilon_{zt}$  نیز معرف یک شوک تصادفی سریالی-ناهمبسته با انحراف معیار  $\sigma_z$  است. یک تفاوت قابل ملاحظه رابطه (۶) با منحنی فیلیپس آینده‌نگر متعارف این است که رابطه مذکور شامل مانده‌های حقیقی پول نیز می شود. آیرلند (۲۰۰۴)، شرایطی را که با اعمال آن‌ها مانده‌های حقیقی در منحنی فیلیپس به عنوان معیاری از هزینه حقیقی نهایی ظاهر می شود، ارائه می کند. اگرچه بسیاری از مطالعات در کشورهای صنعتی نشان داده‌اند که این اثر قابل توجه نیست و ضریب مربوطه معنی دار نمی باشد، با توجه به این که در اقتصاد ایران انتظار می رود مانده‌های حقیقی پول اثر مستقیمی بر تورم داشته باشند، این جمله در رابطه فوق حفظ می شود.

رابطه (۵) معرف سود بنگاه است و از تابع هدف یک بنگاه حداکثرکننده سود که در یک بازار رقابت انحصاری فعالیت می کند، به دست می آید<sup>۲</sup>. سرانجام فرض می شود حجم

۱- در این جا امکان ارائه جزئیات کامل در خصوص نحوه لگاریتم - خطی کردن معادلات وجود ندارد. ولی خوشبختانه روش‌های مربوطه به طور کامل در کتاب‌های درسی جدید اقتصاد پولی و اقتصاد کلان توضیح داده شده است. برای نمونه می توانید به کتاب والش (۲۰۰۳)، مراجعه فرمایید.

۲- برای ملاحظه نحوه استخراج روابط (۴) و (۵) می توانید به آیرلند (۲۰۰۴) و آکساندر و باکانو (۲۰۰۵) مراجعه نمایید.

پول در اقتصاد از یک فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول مانند رابطه (۸) تبعیت کند. در این رابطه  $\varepsilon_{mt}$  معرف یک شوک تصادفی سریالی - ناهمبسته با انحراف معیار  $\sigma_m$  است. با جای گذاری رابطه (۵) در رابطه (۳)، متغیر  $\tilde{d}_t$  را از مدل حذف می‌کنیم، پس رابطه (۳) به شکل زیر در خواهد آمد:

$$\tilde{q}_t = \theta_1 E_t \tilde{q}_{t+1} - (\tilde{r}_t - E_t \tilde{\pi}_{t+1}) + \theta_2 E_t \tilde{y}_{t+1} + \tilde{z}_t \quad (3')$$

که در رابطه فوق  $\theta_1 = \bar{\theta} \phi$ ،  $\rho_z = 1$ ،  $\theta_2 = \bar{\theta} \phi$ ،  $\theta_3 = \bar{\theta} \phi$  و  $\theta_4 = \bar{\theta} \phi$ ، لذا روابط (۱)، (۲)، (۳)، (۴) و (۷) به همراه رابطه (۳)، تعداد ۶ معادله با ۶ متغیر را تشکیل می‌دهند.

### ۵- حل، تنظیم ضرایب و تحلیل پاسخ‌های آنی مدل

مدل ارائه شده در قسمت قبل یک سیستم دینامیک تصادفی با انتظارات عقلایی را تشکیل می‌دهد که برای تحلیل نیازمند حل است. چون مدل شامل جملات حاوی انتظارات عقلایی از برخی متغیرهاست، حل آن از حل مدل‌های دینامیک بدون وجود انتظارات عقلایی دشوارتر است. روش‌های متفاوتی برای حل این قبیل مدل‌ها در ادبیات مربوطه ارائه شده است. بلانچارد و کان (۱۹۸۰)، برمبنای تجزیه جوردن، روشی را برای حل مدل‌های خطی شامل انتظارات عقلایی ارائه کردند که هم اکنون یکی از شناخته شده‌ترین روش‌های حل این گروه از مدل‌ها به شمار می‌رود. پس از بلانچارد و کان مطالعات زیادی به ارائه روش‌های مختلف برای حل این‌گونه مدل‌ها اختصاص یافته‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به کلین (۲۰۰۰)، اوهلینگ (۱۹۹۹)، کینگ و واتسون (۱۹۹۸)، اندرسون (۱۹۹۷)، سیمز (۱۹۹۶)، بیندر و پسران (۱۹۹۴) و اندرسون و مور (۱۹۸۳)، اشاره کرد. اقتصاددانان از نتایج این روش‌ها برای تخمین و شبیه‌سازی مدل، محاسبه توابع پاسخ آنی<sup>۱</sup>، حل مسایل کنترل بهینه نامحدود خطی - درجه دوم و تعیین نقطه انتهایی برای مدل‌های غیرخطی استفاده می‌کنند. در این مقاله از روش ضرایب نامعین به تبعیت از الگوی مطرح شده توسط اوهلینگ استفاده می‌شود. از آنجا که ارائه جزئیات مربوط به الگوی اهلینگ مستلزم ارائه قضایای متعددی است و همه قضایا (به همراه اثباتشان) و الگوریتم حل به‌طور کامل در مقاله وی ارائه شده است، در این جا از ارائه توضیح در مورد این روش خودداری شده و خواننده محترم به مقاله

1- Impulse response functions.

اوهلیگ (۱۹۹۹) ارجاع داده می‌شود. در روش اوهلیگ، فرم حل شده مدل به صورت قاعده بازگشتی تعادلی به شکل زیر خواهد بود:

$$X_t = PX_{t-1} + W U_t$$

که در این رابطه بردار  $X_t$  معرف متغیرهای حالت<sup>۱</sup> سیستم است. متغیرهای حالت سیستم، مجموعه‌ای از متغیرها هستند که با معلوم بودن آن‌ها امکان تعیین تمامی متغیرهای دیگر سیستم در هر نقطه از زمان وجود دارد. بردار  $U_t$ ، حاوی شوک‌ها یا متغیرهای سیاست‌گذاری<sup>۲</sup> است. شوک‌ها متغیرهای برون‌زای غیرقابل کنترل سیستم را ارائه می‌کنند و آن دسته از متغیرهای برون‌زا که توسط سیاست‌گذار قابل کنترل هستند به عنوان متغیرهای سیاست‌گذاری شناخته می‌شوند. ویژگی اصلی نوشتن سیستم به صورت فوق این است که با مشخص بودن مقدار متغیرهای حالت سیستم در دوره قبل و همین‌طور آگاهی از شوک‌ها و مقدار متغیر سیاست‌گذاری، امکان تعیین مقدار متغیرهای حالت سیستم در دوره فعلی وجود دارد. در صورتی که سیستم حاوی متغیرهای از پیش تعیین نشده<sup>۳</sup> نیز باشد، می‌توان مقدار آن‌ها را در هر دوره با مشخص بودن مقدار متغیرهای حالت سیستم تعیین کرد.

## ۶- تنظیم ضرایب

در تحلیل تجربی نتایج مدل‌های دینامیک تصادفی دو روش متعارف در ادبیات متداول است. گروهی از اقتصاددانان تلاش می‌کنند که با تخمین این مدل‌ها با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی، توان آن‌ها را در توضیح فرایندهای واقعی تولیدکننده داده‌ها آزمون کنند. از این گروه مطالعات به عنوان نمونه می‌توان به بیرنس (در حال انتشار)، شورفید (۲۰۰۵) و آیرلند (۲۰۰۴)، اشاره کرد. یکی از مشکلات اساسی در تخمین این مدل‌ها اعمال محدودیت‌های ساختاری شدید بر روی داده‌ها است، که در بسیاری از موارد مانع از این می‌شود که مدل‌های برآورد شده در توضیح برخی از شواهد آشکار شده موفق باشند. مشکل دیگر مربوط به کشورهایی می‌شود که داده‌های اقتصاد کلان در آن‌ها محدود یا مخدوش است. این مشکل در اقتصاد ایران نیز محدودیتی جدی

1- state variables.

2- policy or control variables.

3- non-predetermined variables.

به‌شمار می‌رود، که به‌دست آوردن تخمین‌های صحیح از پارامترهای مدل‌های دینامیک تصادفی را دشوار می‌کند.

در مواجهه با این کاستی‌ها، گروه دیگری از اقتصاددانان معتقدند که هدف مدل توضیح واقعیت‌های اقتصادی که از ساختار پیچیده‌ای تبعیت می‌کند، نیست، بلکه تنها به‌دست آوردن بینش در مورد برخی جنبه‌های خاص و هم‌چنین انجام آزمایش‌های کمی است. بنابراین، به‌جای استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و صرف انرژی برای رفع مشکلات مربوط به تخمین این مدل‌ها، از تنظیم ضرایب استفاده می‌کنند. این کار اولین بار به‌طور جدی توسط کیدلند و پرسکات (۱۹۸۶)، مورد استفاده قرار گرفت و پس از آن به‌طور بسیار گسترده در ادبیات مربوط به مدل‌های دینامیک تصادفی مورد استفاده قرار گرفت. به‌گونه‌ای که هم‌اکنون بسیاری از مطالعات در این حوزه از روش تنظیم ضرایب در تحلیل تجربی مدل‌ها بهره می‌گیرند که به‌عنوان نمونه می‌توان به گیلکریست و سایتو (۲۰۰۶)، موین و ساک (۲۰۰۵) و گیلکریست و لیهی (۲۰۰۲)، اشاره کرد. در این روش، ضرایب مدل از سایر مطالعات انجام شده اقتباس می‌شوند و توان مدل و میزان صحت مقادیر ضرایب با توجه به توان توضیح‌دهندگی مدل در ارتباط با شواهد موجود سنجیده می‌شود.

به دلیل عدم دسترسی به داده‌های آماری مورد نیاز (به‌طور مشخص داده‌های فصلی مربوط به نرخ بهره و قیمت‌داری‌ها) و کوتاه بودن دوره زمانی آمارهای مورد نیاز، تخمین مدل ارائه شده در اقتصاد ایران با مشکلات زیادی روبروست. لذا، در این قسمت مقادیر ضرایب مدل با توجه به مطالعات انجام شده در خصوص اقتصاد ایران و مقادیر متعارف در ادبیات تنظیم می‌شود (جدول ۱). البته برای حصول اطمینان از فرایند تنظیم ضرایب، با تغییر مقادیر تنظیم شده (برای ضرایبی که در خصوص آن‌ها شواهد کم‌تری در دسترس است) تحلیل حساسیت صورت می‌پذیرد. مقدار ضریب  $\alpha$  که معرف اثر ثروت است به تبعیت از آلکساندر و باکائو، ۰/۰۴ تنظیم می‌شود. بسیاری از مطالعات انجام شده در این خصوص، مقادیری حول همین مقدار را به‌دست آورده‌اند (برای ملاحظه شواهد در این زمینه، به برنانکی و گرتر ۱۹۹۹ مراجعه شود). الکساندر و باکائو، یک مدل ساختاری خطی شامل ۵ معادله را برای تحلیل اثر عدم اطمینان در مورد قیمت‌داری‌ها بر نحوه پاسخ سیاست‌گذار پولی بر اساس مطالعات قبلی تنظیم و تحلیل می‌کنند. آن‌ها نشان می‌دهند زمانی که در اندازه‌گیری متغیرهایی که سیاست‌گذار پولی در واکنش به آن‌ها نرخ بهره را تعیین می‌کند خطا وجود دارد و مقدار خطای متغیرهای

مختلف هم بستگی مثبت با یکدیگر دارند، منافع حاصل از واکنش سیاست‌گذار به انحرافات قیمت دارایی‌ها از بین می‌رود. تحلیل حساسیت نتایج مدل حاکی از این است که نتایج در مقابل تغییر  $\alpha_p$  مقاوم<sup>۱</sup> و غیرحساس است. به دلیل این که مقدار ضریب  $\omega_1$  در اقتصاد ایران برآورد نشده است، مقدار این ضریب از مطالعه حیدر و خان (۲۰۰۸) درباره اقتصاد پاکستان اقتباس شده است. به منظور حصول اطمینان از میزان متأثر شدن نتایج از تغییرات این ضریب، نتایج نسبت به تغییر آن تحلیل حساسیت می‌شود، که حاکی از دوام نتایج در برابر تغییرات این ضریب از حدود ۰/۰۵ تا ۰/۷ است. حیدر و خان در مقاله خود یک مدل DSGE کینزی جدید را برای اقتصاد پاکستان به روش بیزین تخمین زده‌اند.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، بیش‌تر مطالعات انجام شده در کشورهای توسعه یافته حاکی از این است که  $\omega_p$  برابر صفر است. اما با توجه به نقش قابل توجه نقدینگی در ایجاد تورم در ایران، این ضریب برابر با ۰/۳ فرض شده است. با در نظر گرفتن این مقدار نتایج مدل با واقعیات اقتصادی کشور سازگارتر می‌شود. در ضمن نتایج مدل برای مقادیر بیش از حدود ۰/۲ برای این ضریب به طور قابل توجهی مقاوم و غیرحساس است. هم‌چنین  $\omega_p$ ، میزان پایداری تورم را نشان می‌دهد و با وجود محیط تورمی در اقتصاد کشور، مقدار این ضریب کم‌تر از اقتصادهایی که در آن‌ها از نرخ‌های تورم باثبات بهره می‌برند، تعیین می‌شود.<sup>۲</sup> هم‌چنین، شایان ذکر است که نتایج مدل برای مقادیر حول میزان تعیین شده کاملاً مقاوم است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقادیر بقیه ضرایب از مطالعات انجام شده در خصوص اقتصاد ایران اقتباس شده است. بر اساس اطلاعات نگارندگان، مطالعه فیضی (۲۰۰۸) از معدود مطالعات انجام شده درباره اقتصاد ایران است که از روش‌شناسی جدید مدل‌سازی در اقتصاد کلان بهره برده و با مقاله حاضر به لحاظ روش مشابهت دارد. وی یک مدل DSGE کینزی جدید کوچک را برای اقتصاد ایران تخمین می‌زند. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، مقادیر مربوط به کشش درآمدی و بهره‌ای پول از مطالعه انجام شده توسط کلاسون و گوسنامی که بر اساس یک مدل تعادلی به تحلیل دینامیک تقاضای پول و تورم در اقتصاد ایران می‌پردازند، اقتباس شده است.

1- robust.

۲- این ضریب در اقتصاد آمریکا توسط آکساندر و باکائو (۲۰۰۵) بین ۰/۴ تا ۰/۹ تنظیم شده است.

جدول ۱- مقادیر پارامترها

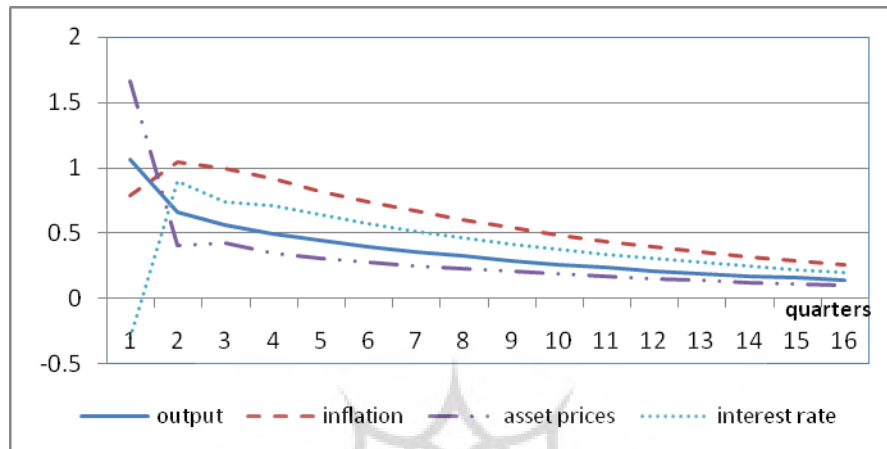
پارامتر	مقدار پارامتر	منبع
$\alpha_1$	۰/۲۹۸۸	فیضی (۲۰۰۸)
$\alpha_2$	۰/۰۴	آلکساندر و باکائو (۲۰۰۵)
$\gamma_1$	۰/۵۷	کلاسون و گوسنامی (۲۰۰۲)
$\gamma_2$	۰/۶	کلاسون و گوسنامی (۲۰۰۲)
$\theta_1$	۰/۳۹۸۸	فیضی (۲۰۰۸)
$\theta_2$	۰/۲۳۸۲	فیضی (۲۰۰۸)
$\omega_1$	۰/۴۷۵	حیدر و خان (۲۰۰۸)
$\omega_2$	۰/۰۵۲۶	فیضی (۲۰۰۸)
$\omega_3$	۰/۳	مفروضات تحقیق
$\omega_4$	۰/۲۵	مفروضات تحقیق

## ۷- تحلیل پاسخ‌های آنی

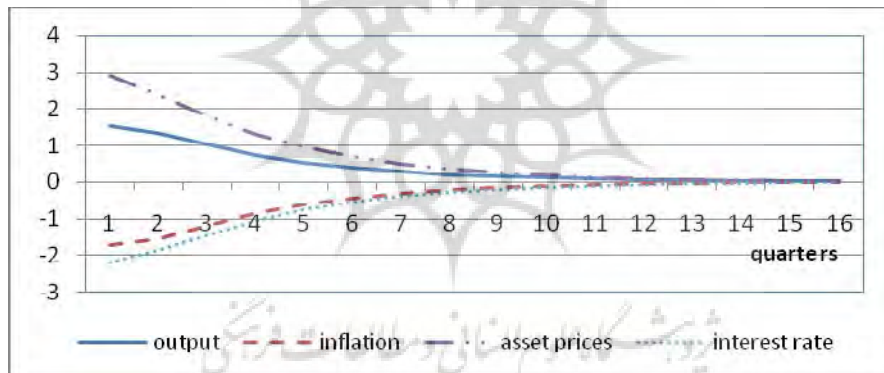
نمودارهای ۱ و ۲ پاسخ‌های آنی تولید، تورم، قیمت دارایی‌ها و نرخ بهره را برحسب درصد انحراف هر یک متغیرها نسبت به مقدار آن‌ها به ترتیب در واکنش به شوک‌های حجم پول و تکنولوژی طی ۱۶ فصل ارایه می‌کند. همان‌طور که از نمودار ۱ قابل مشاهده است، وقوع یک شوک افزایشی در حجم پول منجر به افزایش تولید و به میزان شدیدتر افزایش قیمت دارایی‌ها می‌شود. این در حالی است که نرخ بهره حقیقی کاهش می‌یابد. رفتار کلیه متغیرها به غیر از نرخ بهره اسمی موافق انتظار است. همان‌طور که از این نمودار قابل مشاهده است، بلافاصله پس از افزایش حجم پول نرخ بهره کاهش یافته و قیمت دارایی‌ها افزایش می‌یابد، که موافق انتظار است. اما پس از تخلیه اثر اولیه افزایش حجم پول قیمت دارایی‌ها رو به کاهش می‌گذارد و با تشدید تورم، نرخ بهره اسمی افزایش می‌یابد. در نهایت مشاهده می‌شود که قیمت دارایی‌ها با سرعت بیشتری کاهش یافته و به مقدار باثبات خود نزدیک می‌شود در حالی که افزایش تورم باثبات‌تر است.

اثرات یک شوک مثبت تکنولوژی در نمودار ۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که بعد از وقوع شوک تکنولوژی تولید و قیمت دارایی‌ها افزایش می‌یابد و از تورم و نرخ بهره حقیقی

کاسته می‌شود. این رفتار کاملاً موافق انتظار است. سپس همگی این متغیرها پس از گذشت حدود ۱۰ فصل به حالت پایدار باز می‌گردند.



نمودار ۱- پاسخ آنی اقتصاد به شوک افزایشی در کسری بودجه دولت



نمودار ۲- پاسخ آنی اقتصاد به شوک مثبت تکنولوژی

## ۸- استخراج قاعده بهینه سیاستی نرخ بهره

در این قسمت با بهره‌گیری از روش‌های کنترل بهینه قاعده بهینه سیاستی برای نرخ بهره در اقتصاد ایران استخراج می‌شود. به‌طور کلی، مراحل استخراج قاعده بهینه سیاستی به شرح ذیل است:

۱- برای مطالعه مباحث مربوط به استخراج قواعد بهینه سیاستی، خواننده محترم به کتاب چو (۱۹۷۵) که یک مرجع عالی در این ارتباط محسوب می‌گردد، ارجاع داده می‌شود.



۱- طراحی یک مدل اقتصاد کلان،

۲- تعریف تابع زیان اجتماع یا تابع هدف<sup>۱</sup> از دید سیاست‌گذار،

۳- استخراج قاعده بهینه سیاستی با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی پویا،

فرم حل شده مدل ارایه شده در قسمت قبل (رابطه ۹)، مدل اقتصاد کلان مورد نظر در مرحله اول را ارایه می‌کند. برای استخراج قاعده بهینه نیاز است که با تفکیک متغیرهای تصادفی (شوکه‌ها) از متغیرهای کنترل (سیاست‌گذاری) مدل به شکل زیر باشد:

$$X_t = PX_{t-1} + Bu_t + Wv_t$$

که در این رابطه  $u_t$  معرف متغیرهای سیاستی یا کنترل است. اما در فرم حل شده مدل که در رابطه (۹) ارایه گردید، کلیه متغیرها دورنزا هستند و هیچ متغیر سیاستی (یا کنترلی) وجود ندارد. برای تبدیل کردن مدل حل شده به شکل رابطه (۱۰)، معادله مربوط به نرخ بهره را از فرم حل شده مدل (رابطه ۹) حذف نموده و نرخ بهره را به عنوان متغیر سیاستی در نظر می‌گیریم. بدین ترتیب، معادله (۱۰) معرف مدل اقتصادی مورد نیاز برای استخراج تابع سیاستی عمل خواهد کرد.

برای تعیین قواعد بهینه سیاستی همچنین لازم است تابع زیان اجتماعی از نظر سیاست‌گذار تعریف شود. این تابع به عنوان معیاری برای ارزیابی نتایج اعمال سیاست‌های مختلف به کار می‌رود. اگرچه، تعریف چنین تابعی همواره کار آسانی نیست، با این وجود در بسیاری از مطالعات فرض می‌شود که تابع زیان اجتماعی به صورت یک تابع درجه دوم از انحراف تورم و تولید از مقادیر هدف بیان می‌شود. البته، ممکن است سیاست‌گذار علاوه بر تولید و تورم نگران سایر متغیرهای اقتصادی نیز باشد که در این صورت انحراف آن‌ها از مقادیر مورد انتظار نیز وارد تابع زیان اجتماعی می‌شود. تعریف تابع زیان به این شکل در ادبیات مربوط به تعیین سیاست‌های بهینه متعارف است (والش (۲۰۰۲) صفحه ۲۹۰)<sup>۲</sup>. همچنین، در بسیاری از مواقع سیاست‌گذار تمایل ندارد که برای کنترل متغیرهای مورد نظر، مقدار متغیر سیاست‌گذاری (متغیر کنترل) به میزان زیادی تغییر کند؛ چراکه اعمال سیاست‌های تهاجمی<sup>۳</sup> با دامنه

1- loss function or objective function

۲- البته اخیراً در مدل‌های DSGE کینزی جدید تابع زیان برحسب مطلوبیت خانوارها اندازه‌گیری شود. به عبارت دیگر، سیاست‌های مختلف براساس اثرات آن بر روی مطلوبیت خانوارها سنجیده می‌شود. برای مطالعه در این خصوص می‌توانید به فصل ۱۱ والش (۲۰۰۲) و اشمیت روهه و اوریب (۲۰۰۴) مراجعه فرمایید.

3- aggressive

تغییرات بزرگ، خود هزینه محسوب می‌شود. به عنوان مثال این کاملاً طبیعی است که سیاست‌گذار تمایل نداشته باشد که برای کنترل انحرافات تورم و تولید، نرخ بهره (به عنوان متغیر سیاستی) به یکباره به میزان دو برابر افزایش یا به شدت کاهش یابد. از این رو، در بسیاری از موارد انحرافات متغیر کنترل از مقادیر هدف نیز وارد تابع زیان می‌شود. پس تابع زیان در حالت کلی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\text{LOSS} = \sum_{t=1}^{\infty} ((X_t - a_t)' Q (X_t - a_t) + (u_t - b_t)' R (u_t - b_t)) \quad (11)$$

در رابطه فوق  $Q$  و  $R$  ماتریس‌های مثبت معین و معمولاً قطری و  $a_t$  و  $b_t$  بردارهای حاوی مقادیر هدف به ترتیب برای متغیرهای دورنزا و کنترل هستند. اگرچه این امکان وجود دارد که ماتریس‌های  $Q$  و  $R$  در طی زمان متغیر باشند، اما به طور معمول ثابت فرض می‌شوند. عناصر روی قطر ماتریس‌های  $Q$  و  $R$  معرف وزن‌هایی است که سیاست‌گذار برای انحراف هر یک از متغیرهای مورد نظر قایل است. با توجه به این که در مدل مزبور متغیرها برحسب انحراف از مقادیر باثبات بیان شده‌اند، بردارهای  $a_t$  و  $b_t$  صفر منظور شده‌اند.

به دست آوردن یک قاعده کنترل بهینه برای مسئله فوق، مستلزم حداقل کردن تابع زیان (تابع هدف) (۱۱) با قید مدل اقتصادی (۱۰) است. این گروه از مسایل که در آن‌ها تابع زیان درجه دوم و قیود خطی هستند، به مسایل بهینه سازی خطی-درجه دوم<sup>۱</sup> معروفند و جواب تحلیلی برای آن‌ها وجود دارد. نشان داده شده است که پاسخ بهینه برای این گروه از مسایل به صفر بودن مقادیر شوک‌ها به صورت بازخورد حالت زیر است<sup>۲</sup>:

$$u_t = k^* x_t$$

که در آن بردار ضرایب  $k^*$  از حل معادله ریکاتی<sup>۳</sup> به دست می‌آید. روش‌های متعدد دیگری نیز برای حل این قبیل مسایل بهینه سازی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش کان-تاکر، برنامه‌ریزی پویا، الگوریتم ژنتیک و غیره اشاره نمود (برای مطالعه بیشتر در این مورد به چاو (۱۹۷۵) و براندیمیت (۲۰۰۶) مراجعه

1- Linear Quadratic (LQ) problems

۲- برای مطالعه در این ارتباط می‌توان به کتاب‌هایی در زمینه تئوری کنترل بهینه و یا کتاب‌های مربوط به کاربرد تئوری کنترل در اقتصاد مراجعه شود، که از آن جمله می‌توان به چاو (۱۹۷۵) اشاره نمود.

3- Riccati equation.

فرمایید.) که به خصوص در مسایل غیرخطی که برای آن‌ها جواب تحلیلی وجود ندارد، استفاده می‌شوند.

یکی از موضوعات مهم در تعیین قاعده بهینه سیاستی تعیین وزن متغیرهایی است که در تابع زیان ظاهر می‌شوند. این وزن‌ها به ترجیحات سیاست‌گذار در خصوص میزان نوسان تولید یا تورم بستگی دارد. به عنوان مثال اگر سیاست‌گذار بیش‌تر نگران کنترل تورم باشد، وزن تورم را در تابع زیان بیش‌تر در نظر می‌گیرد. از این رو انتخاب وزن‌ها، به نوعی دستوری<sup>۱</sup> است. در این مقاله قاعده بهینه سیاستی برای مقادیر متفاوت وزن‌ها در تابع هدف محاسبه می‌شود، که هر یک از آن به عنوان یک سناریو ارائه می‌شوند. قواعد بهینه سیاستی تحت سناریوهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده‌است. در این جدول ابتدا قاعده بهینه سیاستی با اختصاص وزن‌های ۰/۰۷ و ۱ به انحرافات تولید و تورم (به تبعیت از وودفورد (۲۰۰۳)) به عنوان سناریوی اول استخراج می‌شود. در سناریوهای ۲ تا ۵ حساسیت نتایج نسبت به تغییر وزن‌های اختصاص یافته به تورم و تولید تحلیل می‌شود. بدین ترتیب که در سناریوی دوم و سوم به ترتیب اثر افزایش و کاهش وزن نوسان تولید در تابع زیان بر سیاست بهینه بررسی می‌شود. سناریوی چهارم و پنجم به بررسی اثر افزایش وزن تورم در تابع زیان بر رفتار بهینه سیاست‌گذار می‌پردازد. سرانجام در سناریوی ششم سیاست‌گذار اجازه می‌دهد که نرخ بهره با آزادی بیش‌تری نسبت به تغییرات متغیرهای وضعیت اقتصاد تعدیل گردد.<sup>۲</sup>

همان‌طور که از نتایج ارائه شده در جدول ۲ قابل مشاهده است، قاعده بهینه در هیچ‌یک از پنج سناریوی اول شامل پاسخ به قیمت دارایی‌ها نمی‌شود. تنها زمانی که حساسیت سیاست‌گذار نسبت به تغییرات نرخ بهره کاهش می‌یابد و با آزادی بیش‌تری آن را در واکنش به وضعیت اقتصاد تغییر می‌دهد (سناریوی ۶)، پاسخ بسیار ضعیفی به قیمت دارایی‌ها مشاهده می‌شود. این نتیجه با توجه به کوچک بودن و عمق اندک بازارهای مالی در اقتصاد کشور موافق انتظار است. هم‌چنین، همان‌طور که برنانکی و گرتلر (۲۰۰۱ و ۲۰۰۰) بیان می‌کنند، این نتیجه می‌تواند ناشی از این باشد که اهداف کنترل تورم و تولید با هدف کنترل قیمت دارایی کاملاً همسوست و وقتی سیاست‌گذار به تورم و تولید واکنش نشان می‌دهد، منافع اندکی در واکنش به قیمت دارایی‌ها وجود خواهد داشت. سرانجام، این نتیجه می‌تواند ناشی از ساختار مدل باشد. به این معنی که

1- Normative.

2- cheap control.

در مدل حاضر قیمت دارایی‌ها تنها از طریق منحنی IS تعمیم یافته (رابطه ۱) بخش حقیقی اقتصاد را متأثر می‌سازد. با در نظر گرفتن سایر کانال‌های اثرگذاری قیمت دارایی‌ها ممکن است نتایج متفاوتی به دست بیاید، که این کار می‌تواند به عنوان موضوع تحقیقات بعدی دنبال شود.

بررسی علامت ضرایب حاکی از آن است که تحت کلیه مفروضات در خصوص تابع هدف سیاست‌گذار، قاعده بهینه سیاستی مستلزم افزایش نرخ بهره در پاسخ به انحراف مثبت در تولید، تورم و وقوع شوک افزایشی در حجم پول و کاهش آن در پاسخ به شوک مثبت تکنولوژی است. پاسخ مثبت به افزایش تولید و تورم کاملاً موافق انتظار است. افزایش حجم پول نیز به دلیل فشارهای تورمی که ایجاد می‌کند، افزایش نرخ بهره را به دنبال دارد. از طرف دیگر، به دلیل این که شوک بهره‌وری منجر به کاهش تورم می‌شود، کاهش نرخ بهره مورد انتظار است.

وقتی وزن انحراف تولید در تابع هدف سیاست‌گذار افزایش می‌یابد، باید از شدت واکنش سیاست‌گذار نسبت به تغییرات تولید، تورم و شوک تکنولوژی کاسته شود و بر شدت واکنش به تغییرات حجم پول افزوده شود. از طرف دیگر، اگر کنترل تورم بیش‌تر مورد توجه سیاست‌گذار قرار گیرد، لازم است نرخ بهره در مقابل تغییرات کلیه متغیرهای حاضر در تابع سیاست‌گذاری با شدت بیش‌تری تعدیل شود. هم‌چنین، تکرار حل مدل با سایر وزن‌ها و بررسی نتایج آن نشان می‌دهد که در مجموع سیاست بهینه مستلزم پاسخ شدیدتر نسبت به تغییرات تورم در مقایسه با تغییرات تولید است.

در نهایت، مشاهده می‌شود که وقتی سیاست‌گذار اجازه می‌دهد که نرخ بهره با آزادی بیش‌تری نسبت به وضعیت اقتصاد تعدیل شود (که با کاهش وزن نرخ بهره در تابع زیان بیان می‌شود) لازم است که سیاست‌گذار به میزان بیش‌تری نسبت به شوک‌هایی که به اقتصاد وارد می‌شوند واکنش نشان دهد. در این میان، شوک‌های تکنولوژی از اهمیت بیش‌تری برخوردارند. یک نتیجه مهم این است که تنها زمانی کاهش دستوری نرخ بهره فارغ از رفتار تورم و تولید می‌تواند رفتاری بهینه باشد که پیشرفت‌های تکنولوژیک در اقتصاد تحقق یافته باشد.

جدول ۲- قاعده بهینه سیاست تحت سناریوهای مختلف

سناریو	وزن‌ها	قاعده بهینه سیاستی
سناریوی اول	$Q_1 = 0.007, Q_2 = 1$ $R = 0.003$	$\bar{r}_t = 0.045\bar{y}_t + 0.1126\bar{\pi}_t + 1/1648\bar{m}_t - 1/7484\bar{z}_t$
سناریوی دوم	$Q_1 = 0.007, Q_2 = 1$ $R = 0.003$	$\bar{r}_t = 0.0121\bar{y}_t + 0.0303\bar{\pi}_t + 1/4971\bar{m}_t - 1/2697\bar{z}_t$
سناریوی سوم	$Q_1 = 0.0007, Q_2 = 1$ $R = 0.003$	$\bar{r}_t = 0.0484\bar{y}_t + 0.1209\bar{\pi}_t + 1/1314\bar{m}_t - 1/7966\bar{z}_t$
سناریوی چهارم	$Q_1 = 0.007, Q_2 = 1/5$ $R = 0.003$	$\bar{r}_t = 0.0693\bar{y}_t + 0.1733\bar{\pi}_t + 1/7258\bar{m}_t - 2/6454\bar{z}_t$
سناریوی پنجم	$Q_1 = 0.007, Q_2 = 2$ $R = 0.003$	$\bar{r}_t = 0.0936\bar{y}_t + 0.2339\bar{\pi}_t + 2/2851\bar{m}_t - 3/5399\bar{z}_t$
سناریوی ششم	$Q_1 = 0.007, Q_2 = 2$ $R = 0.001$	$\bar{r}_t = 0.1344\bar{y}_t + 0.3361\bar{\pi}_t + 0.0001\bar{q}_t + 3.4701\bar{m}_t - 5.2115\bar{z}_t$

## ۹- خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مقاله قاعده بهینه سیاستی برای نرخ بهره در اقتصاد ایران با طراحی و تنظیم پارامترهای یک مدل ساختاری که در آن انتظارات عوامل اقتصادی به صورت عقلایی شکل می‌گیرد، با بهره‌گیری از روش‌های کنترل بهینه تعیین شد. مهم‌ترین نتایج به شرح زیر است:

- قیمت‌داری‌ها عامل مهمی در قاعده بهینه سیاستی به شمار نمی‌رود. به عبارت دیگر، رفتار بهینه سیاست‌گذار پولی بر اساس مدل حاضر مستلزم واکنش به قیمت‌داری‌ها نیست. این نتیجه می‌تواند حاصل نقش اندک بازارهای مالی در اقتصاد ایران یا حضور تورم و تولید در تابع سیاست‌گذاری (برنانکی و گرتر، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱) باشد. همچنین، این نتیجه تاحدودی می‌تواند ناشی از این باشد که در مدل اثرگذاری قیمت‌داری‌ها بر اقتصاد تنها به کانال ثروت (از طریق منحنی IS) محدود است. گسترش بخش مالی در مدل و رفتار سرمایه‌گذاری می‌تواند به نتایج مطمئن‌تری در این خصوص بیانجامد.
- افزایش در حجم پول مستلزم افزایش شدید در نرخ بهره است. این موضوع دلالت‌های آشکاری را برای شرایط فعلی اقتصاد کشور به همراه دارد. به‌طور خلاصه، در شرایط

فعلی که رشد نقدینگی و تورم از ویژگی‌های آشکار اقتصاد ایران به شمار می‌رود، رفتار بهینه سیاست‌گذار افزایش نرخ بهره خواهد بود.

- رفتار بهینه سیاست‌گذار مستلزم پاسخ تهاجمی به شوک‌هایی است که به اقتصاد وارد می‌شوند. این موضوع به خصوص با توجه به فقدان شفافیت اطلاعات و ثبات سیاست‌های اقتصادی در کشور که بخش قابل توجهی از تغییرات متغیرهای وضعیت اقتصاد را به تغییرات پیش‌بینی نشده تبدیل می‌کند، اهمیت بیشتری می‌یابد. نتایج به دست آمده در این مقاله با شناسایی و وارد کردن شوک‌های دیگر و یا آرایه مدل‌هایی برای توضیح رفتار این شوک‌ها تقویت خواهد شد. همچنین، نتایج حاکی از این است که حتی با فرض ثبات تورم و تولید، کاهش نرخ بهره تنها در صورت سیاستی بهینه خواهد بود که شوک‌های مثبت تکنولوژی در اقتصاد اتفاق افتاده باشد.

#### فهرست منابع

- ۱- علوی، سید محمود (۱۳۸۱)، "قاعده بهینه سیاست پولی بر اساس روش هدف‌گذاری تورم در ایران"، مجموعه سخنرانی‌های ماهانه سال ۱۳۸۱، پژوهشکده پولی و بانکی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، بهار ۱۳۸۲، ص ۲۶۲-۲۱۷.
- 2- Alexandre, F., and Bacao, P., (2005), "Monetary policy, asset prices, and uncertainty", *Economic Letters* 86, 37-42.
- 3- Anderson, G., (1997), "A reliable computationally efficient algorithm for imposing the saddle point property in dynamic models", Unpublished Manuscript, Board of Governors of the Federal Reserves System.
- 4- Anderson, G., and Moore, G., (1983) "A linear algebraic procedure for solving linear perfect foresight models", *Economics Letters* 17, 247-252.
- 5- Bernanke, B., and Gertler, M., (2001), "Should central banks respond to movements in asset prices?" *American Economic Review, Papers and Proceedings* 91, 253-257.
- 6- Bernanke, B., and Gertler, M., (2000), "Monetary policy and asset price volatility". NBER working paper 7559.
- 7- Bernanke, B., Gertler, M., (1999), "Monetary policy and asset price volatility", *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review* 84, 17-51.

- 8- Biernes, H. J. "Econometric analysis of linearized singular dynamic stochastic general equilibrium models", *Journal of econometrics*, forthcoming.
- 9- Binder, M. and Pesaran, H. M., (1995), "Multivariate rational expectations models and macroeconomic modeling: a review and some new results", In M. H. Pesaran and M. Wickens (eds) *Handbook of Applied Econometrics: Macroeconomics*. (Basil Blackwell, Oxford).
- 10- Blanchard, O. J., and Kahn, C., (1980), "The solution of linear difference models under rational expectations", *Econometrica* 48, 1305-1311.
- 11- Brandimonte, P., (2006). *Numerical Methods in Finance and Economics: A MATLAB-based Introduction*. John Willy & Sons, second edition, New Jersey, USA.
- 12- Bullard, J. and Mitra, K. (2002), "Learning about monetary policy rules", Federal Reserve Bank of St. Louis working paper, 2000-001E.
- 13- Cecchetti, S., Genberg, H., Lipsky, J., Wadhvani, S., (2000), "Asset Prices and Central Bank Policy", Center for Economic Policy Research, London.
- 14- Chow, G.C., (1975). *Analysis and control of economic dynamic systems*. John Willy & Sons.
- 15- Clarida, R., Gali, J., and Gertler, M., (1999), "The science of monetary policy: A New-Keynesian perspective", *Journal of Economic Literature*, 37, 1661-1707.
- 16- Clasun, O. and Goswami, M., (2002), "An analysis of money demand and inflation in the Islamic Republic of Iran", *IMF Working Papers*, WP/02/205.
- 17- Faizi, Mehdi, (2008), "A New Keynesian small open economy DSGE model in Islamic economic framework: the case of Iran", Goethe University, Frankfurt. Presented in the conference on Iran's Economy, University of Illinois at Urbana-Champaign, December 11-13, 2008.
- 18- Gilchrist, S., and Saito, M., (2006). "Expectations, asset prices, and monetary policy: the role of learning". NBER working paper 12442.
- 19- Gilchrist and Leahy (2002). "Monetary policy and asset prices", *Journal of Monetary Economics* 49, 75-97.
- 20- Ireland, P., (2004), "Money's role in the monetary business cycle", *Journal of Money, Credit, and Banking* 36, 969-983.
- 21- Lucas, R.E., Jr. (1972), "Expectations and the Neutrality of Money", *Journal of Economic Theory* 4, 103-124.
- 22- Lucas, R.E., Jr. (1976), "Econometric Policy Evaluation: A Critique", *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy* (Amsterdam, North-Holland).

- 23- King, R. G. and Watson, M. W., (1998), "The solution of singular linear difference systems under rational expectations", *International Economic Review* 39, 1015-1026.
- 24- Klien, P., (2000), "Using generalized schur form to solve a multivariate linear expectations model", *Journal of Economic Dynamics and Control* 24, 1405-1423.
- 25- Kydland, F. and Prescott, E. C. (1982). "Time to Build and Aggregate Fluctuations", *Econometrica* 50, 1345-1370.
- 26- McCallum, B.T. and Nelson, E., (1999). Performance of operational policy rules in an estimated semi-structural model. In J. Taylor, ed, *Monetary policy rules*, (University of Chicago Press, Chicago).
- 27- Moyen S. and Sahuc, J. G. (2005), "Incorporating labor market frictions into an optimizing-based monetary policy model", *Economic Modeling* 22, 159-186.
- 28- Schmitt-Grohe, S. and Uribe, M., (2004), "Optimal fiscal and monetary policy under sticky prices", *Journal of Economic Theory* 114, 198-230.
- 29- Jafari Samimi, A., Yousefi, S., and Tehranchian, A. M., (2006). "An application of optimal control theory in economics: optimal fiscal and monetary policy in Iran", *Applied Mathematics and Computation* 172, 198-209.
- 30- Schorfheide, F. (2005), "Learning and monetary policy shifts", *Review of Economic Dynamics* 8, 392-419.
- 31- Sims, C.A., (1996), "Macroeconomics and methodology", *Journal of Economic Perspectives* 10, 105-120.
- 32- Sims, A. C., (1996), "Solving linear rational expectations models. Seminar paper", (<http://www.econ.yale.edu/~sims/#gensys>.)
- 33- Taylor, John. (Ed), (1999). *Monetary policy rule*. National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Ltd., London.
- 34- Tehranchian, A. M. and AbdiRad M. (2007). "Optimality of monetary and fiscal policies in Iran: an application of the stochastic optimal control theory", *Iranian Economic Review* 13, 1-12.
- 35- Uhlig, H. (1999). A toolkit for analyzing nonlinear dynamic stochastic models easily. In *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies*. Oxford University Press. Oxford New York.
- 36- Walsh, C. E., 2003. *Monetary Theory and Policy*. The MIT Press. Second Edition, London.
- 37- Woodford, M., (1999), "Optimal monetary policy inertia", NBER working paper 7261.



### پیوست ۱: یک روش ساده برای لگاریتم-خطی کردن روابط غیر خطی

اساس لگاریتم-خطی کردن، استفاده از بسط تیلور است. قبل از ارایه این روش، لازم است برخی روابط یادآوری شوند. اگر  $X_t$  یک متغیر مثبت و  $X$  مقدار با ثبات آن باشد، و انحراف لگاریتمی متغیر از مقدار با ثبات آن را به صورت  $\hat{x}_t \equiv \log X_t - \log X$  تعریف کنیم، و با توجه به این که، برای  $X$  های کوچک داریم  $\log(1+X) \approx X$ ، بنابراین:

$$\hat{x}_t = \log(X_t) - \log(X) = \log\left(\frac{X_t}{X}\right) = \log(1 + \% \Delta) = \% \Delta$$

بسط مرتبه اول تیلور یک تابع دو متغیره  $f$  عبارتست از:

$$f(X_t, Y_t) = f(X, Y) + f'_x(X, Y) \cdot (X_t - X) + f'_y(X, Y) \cdot (Y_t - Y)$$

که  $X$  و  $Y$  سطوح با ثبات متغیرها می باشد. چند رابطه اساسی که در لگاریتم خطی کردن بسیار کاربرد دارد عبارتند از:

$$X_t^\alpha = X^\alpha (1 + \alpha \hat{x}_t)$$

$$X_t^\alpha Y_t^\beta = X^\alpha Y^\beta (1 + \alpha \hat{x}_t + \beta \hat{y}_t)$$

$$f(X_t) = f(X) (1 + \eta \hat{x}_t)$$

که در رابطه اخیر  $\eta = \frac{\partial f(X)}{\partial X} \cdot \frac{X}{f(X)}$  در این جا اولین رابطه از مجموعه

روابط فوق را اثبات می کنیم.

اثبات. هر متغیر مثبت  $X_t$  را می توان به صورت زیر نوشت:

$$X_t^\alpha = X^\alpha \left(\frac{X_t}{X}\right)^\alpha = X^\alpha e^{\log(X_t^\alpha / X^\alpha)} = X^\alpha e^{\alpha \hat{x}_t}$$

حال بسط مرتبه اول تیلور جمله اخیر را حول نقطه با ثبات آن به دست می آوریم:

$$X^\alpha e^{\alpha \hat{x}_t} \approx X^\alpha e^0 + X^\alpha e^0 (\alpha \hat{x}_t - 0)$$

$$\approx X^\alpha (1 + \alpha \hat{x}_t)$$

اثبات دو رابطه دیگر نیز به روش مشابه امکان پذیر است. یک دستور العمل ساده

برای لگاریتم خطی کردن به شرح زیر است:

۱- اگر در عبارت مورد نظر تابع تصریح نشده ای وجود دارد، ابتدا باید به روش تیلور

بسط مرتبه اول آن را به دست آورد،

۲- بعد از طی مرحله اول، عبارت مورد نظر را با استفاده از روابط بالا خطی می کنیم.