

فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی (سال ششم، شماره ۳ «پیاپی ۱۹»، پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۱۰۸-۸۹)

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف^۱

حسین شریفی رنانی^{*}، راضیه صالحی^{**}، سارا قبادی⁺

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۰۵

چکیده

مقاله حاضر تلاش کرده است اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید را در ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی فصلی، طی دوره زمانی ۱۳۸۷:۲-۱۳۶۸:۱ و با استفاده از مدل چرخش مارکوف مورد آزمون و تحلیل قرار دهد. نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های مثبت و منفی پولی در دوره رکود و همچنین در دوره رونق اقتصادی دارای اثرات نامتقارن بر رشد تولیدات داخلی هستند. به طور کلی، شوک‌های پولی در دوره رکود اقتصادی تاثیرگذارتر از شوک‌های پولی در دوره رونق اقتصادی می‌باشند.

طبقه‌بندی **JEL**: E24 , E23 , E52.

واژگان کلیدی: اثرات نامتقارن، شوک‌های پولی، مدل چرخش مارکوف

۱. مقاله مستخرج از پایان نامه راضیه صالحی دانشجوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان) می‌باشد.

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، گروه اقتصاد، خوراسگان، ایران (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی:

h.sharifi@khuisf.ac.ir

razieh_salehi1794@yahoo.com

** دانشجوی کارشناسی ارشد، پست الکترونیکی:

⁺ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان (اصفهان)، گروه اقتصاد خوراسگان، ایران، پست الکترونیکی:

sghebadi@khuisf.ac.ir

_____ فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال ششم، شماره ۳ «پیاپی ۱۹»، پاییز ۱۳۹۱)

۱. مقدمه

مطالعات تجربی فراوانی در رابطه با نقش پول در اقتصاد و اثرگذاری پول بر متغیرهای کلان اقتصادی از جمله تولید واقعی و تورم انجام شده است. بر مبنای نظریه کینزین‌های جدید و همچنین مطالعات تجربی انجام شده، علاوه بر تاکید بر ختنی نبودن پول، به اثرات نامتقارن پول بر متغیرهای کلان اقتصادی از جمله تولید واقعی و سطح اشتغال اشاره شده است. در این مطالعات^۱ اشاره شده است که نه تنها پول بر متغیرهای اقتصادی بی تاثیر نیست، بلکه این اثرات به شکل نامتقارنی بر متغیرهای واقعی اعمال می‌شوند. کینزین‌های جدید در مباحث و نظریه‌های خود علت اثرات نامتقارن پول را عواملی از جمله چسبندگی دستمزدها و قیمت‌ها، قراردادهای طولانی مدت دستمزدها، محدودیت اعتبارات و مواردی از این قبیل می‌دانند. در واقع وجود اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی، لزوم توجه به عملکرد تکانه‌های پولی و دقت در وضع و اعمال سیاست‌گذاری‌ها را در هر اقتصادی دو چندان می‌کند و سیاست‌گذاران و مقامات پولی در برنامه ریزی‌های میان مدت و بلند مدت خود نه تنها به اهداف کلان اقتصادی از جمله سطح تولید واقعی و تورم دقت دارند، بلکه علاوه بر آن باید این واقعیت که اقتصادها به شوک‌های پولی مثبت و منفی با توجه به شرایط حاکم بر اقتصاد عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان می‌دهند را مد نظر قرار دهند.

اهمیت اصلی مباحث عدم تقارن سیاست‌های پولی، در تدوین سیاست‌های پولی کشور مطرح است. چنانچه اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی بر فعالیت‌های واقعی و سطح قیمت‌ها مورد پذیرش واقع شود، در این صورت کارایی پیش‌بینی تمامی مدل‌های خطی اقتصادی مورد تردید قرار می‌گیرد (اصغرپور، ۱۳۸۴: ۱۴۲).

با توجه به مباحث، پرسش اصلی که در این مقاله مطرح می‌گردد عبارت است از این که، آیا سیاست‌های پولی مثبت و منفی، در دوره‌های رکود و رونق اقتصادی دارای اثرات نامتقارن بر سطح تولید ناخالص داخلی در اقتصاد ایران می‌باشد. در همین راستا، هدف اصلی این

۱. برای نمونه به مطالعات کاور (۱۹۹۲)، شن و چیانگ (۱۹۹۹)، تان و حبیب‌الله (۲۰۰۷)، تروپکین (۲۰۰۹)، اصغرپور (۱۳۸۴)، هژبرکیانی و ابطحی (۱۳۸۸) مراجعه شود.

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

مطالعه بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی مثبت و منفی در شرایط مختلف اقتصادی (رکود و رونق) در ایران است.

۲. مبانی نظری

درخصوص اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی، دیدگاه‌های مختلفی وجود دارد که به طور کلی می‌توان مطالعات در این رابطه را به دو دسته کلی تقسیم کرد. در مطالعات گروه اول، وجود چسبندگی رو به پایین قیمت‌ها و دستمزدها دلیل نامتقارنی سیاست‌ها معرفی می‌شود. در واقع در این گروه مطالعات، انعطاف ناپذیری دستمزدها و قیمت‌ها به عنوان یک عامل برونزا که منجر به بروز اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی می‌گردد، معرفی شده است. مدل‌های قرارداد ضمنی، دستمزدهای کارایی و قراردادهای بلندمدت وجود انعطاف ناپذیری دستمزدها را توجیه می‌کنند.^۱ به طور کلی، این نوع مطالعات طبق منحنی عرضه محدب به دنبال اثبات وجود اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی به شکل برونزا هستند. گروه دوم مطالعات، عدم تقارن اثرات شوک‌های پولی بر متغیرهای واقعی و اسمی در اقتصاد را درونزا در نظر می‌گیرند.^۲ به ترتیبی که آن را تحت تاثیر عواملی از جمله، اندازه شوک‌های پولی مثبت و منفی (بزرگی و کوچکی شوک‌ها)، شرایط مختلف تورمی (تورم‌های بالا، متوسط و پایین) و حاکم بودن شرایط رکود یا رونق در اقتصاد می‌دانند.

از نظر نظری می‌توان اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید واقعی و سطح عمومی قیمت‌ها را با استفاده از منحنی عرضه محدب اقتصاد تبیین کرد. می‌توان شیب منحنی عرضه کل را به روش جبری و با استفاده از شرط تعادل بازار کار که به صورت زیر ارایه شده است، به دست آورد:

$$pf(n) = p^e g(n) = p(p)g(n) \quad (۱)$$

دیفرانسیل کامل این شرط تعادلی به صورت زیر است:

۱. برای نمونه به مطالعات یلن (۱۹۸۴)، منکیو (۱۹۸۸)، بال و منکیو (۱۹۹۴)، کاور (۱۹۹۲)، ری و ریچ (۱۹۹۵) مراجعه شود.
۲. برای نمونه به مطالعات ری و ریچ (۱۹۹۵) در زمینه منحنی عرضه به شکل L معکوس، مورگان (۱۹۹۳) در زمینه محدودیت اعتبارات مراجعه شود.

$$p f(n) dn + f(n) dp = p^e g(n) dn + g(n) p dp \quad (۲)$$

برای ساده کردن این عبارت در ابتدا فرض می‌کنیم $p^e = p = 1$ باشد. یعنی فرض می‌شود که انتظارات در ابتدا به صورت صحیح برآورد شده‌اند و شاخص قیمت‌ها نیز مساوی یک تعیین شده است به طوری که در ابتدا $f(n) = g(n) = w$ می‌باشد. در رابطه با شرط تعادل بازار کار، در ابتدا عرضه و تقاضای کار را در نظر می‌گیریم. عرضه نیروی کار از تابع مطلوبیت فراغت - درآمد عرضه‌کننده نیروی کار استخراج می‌شود و تابعی از دستمزد حقیقی انتظاری به شکل $n = n(w^e)$ است که در آن عرضه نیروی کار و w^e دستمزد حقیقی انتظاری است. تابع عرضه نیروی کار بر حسب دستمزد اسمی عبارت است از:

$$w = p^e g \quad (۳)$$

که در آن P^e قیمت انتظاری و w دستمزد اسمی است.

تقاضای نیروی کار نیز از حداکثر کردن سود بنگاه اقتصادی به دست می‌آید. بر این اساس بنگاه اقتصادی تا جایی نیروی کار استخدام می‌کند که ارزش تولید نهایی نیروی کار با دستمزد پرداختی برابر باشد.

پس تابع تقاضای نیروی کار بر حسب دستمزد اسمی عبارت است از:

$$w = p f(n) \quad (۴)$$

شرط تعادل بازار کار را به صورت زیر می‌توان در نظر گرفت:

$$w = \frac{p^e}{p} g(n) = f(n) \quad (۵)$$

آنگاه $p = p^e$ اگر

$$f(n) = g(n) \quad (۶)$$

اکنون دیفرانسیل کامل شرط تعادل که تغییرات در p و n را با فرض حفظ تعادل بازار کار، ارایه مینمود به صورت زیر ساده می‌شود:

$$f dn + w dp = g dn + w p dp \quad (۷)$$

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

این رابطه را می‌توان طوری مرتب و تنظیم نمود که $\frac{dn}{dp}$ را در امتداد منحنی عرضه به ما ارایه دهد.

$$\frac{dn}{dp} = \frac{w(1-\beta)}{(g-\hat{f})} \geq 0 \quad (8)$$

$0 < p' < 1$ و $g' > 0$ (شیب عرضه نیروی کار) و $f' > 0$ (شیب تقاضای نیروی کار).

P' تغییر قیمت انتظاری به ازای تغییرات قیمت واقعی را تبیین می‌کند. حال به منظور به دست آوردن شیب منحنی عرضه $\frac{dp}{dy}$ از رابطه تولید نهایی استفاده می‌کنیم.

$$dy = \left(\frac{\partial y}{\partial n}\right) dn \quad (9)$$

$$\frac{dp}{dy} = \frac{p(g-\hat{f})}{w(1-\beta)} \cdot \frac{1}{mpl} \geq 0 \quad (10)$$

در واقع در ادبیات اقتصاد کلان، P' به تعدیل انتظارات قیمتی معروف است. بر اساس دیدگاه کینزین ها، در کوتاه مدت به علت این که عوامل اقتصادی تا دارای توهم هستند قادر نیستند به طور کامل قیمت ها را پیش بینی کنند بنابراین $P' = 0$ است. در میان مدت نیز به علت این که تا حدودی اطلاعات قیمتی مردم افزایش می یابد بنابراین، $0 < P' < 1$ بر اساس دیدگاه کلاسیک ها، در بلند مدت به علت کامل شدن اطلاعات قیمتی ($P' = 1$) است. طبق رابطه مربوط به شیب منحنی عرضه ملاحظه می شود که P' در شیب این منحنی نقش داشته به نحوی که با افزایش P' شیب منحنی عرضه افزایش می یابد و در شرایطی که $P' = 0$ شیب عرضه ملایم و در $P' = 1$ شیب عرضه بیشترین مقدار خود را دارا است. این مطالب همگی در جهت اثبات محدب بودن منحنی عرضه کل هستند. (برانسون، ۱۳۷۴: ۱۷۳)

چنانچه منحنی عرضه اقتصاد به شکل محدب باشد بسته به چگونگی شرایط اولیه اقتصاد، اثرات شوک‌های مثبت و منفی طرف تقاضا سبب تغییرات متفاوتی بر تولید واقعی و سطح قیمت‌ها خواهد شد. با توجه به شکل محدب منحنی عرضه، در سطوح پایین قیمت‌ها، شیب منحنی عرضه کمتر بوده و تغییرات تولید به ازای تغییرات معین سطح قیمت‌ها بیشتر است. اما در سطوح بالاتر قیمت‌ها به دلیل اینکه شیب منحنی عرضه کل اقتصاد بیشتر است، تغییرات تولید واقعی به ازای تغییرات سطح قیمت‌ها کمتر است (اصغرپور ۱۳۸۴: ۴۶).

فرضیه محدودیت اعتبارات که توسط گرتلر^۱ (۱۹۸۸) مطرح شد نوع دیگر اثرات نامتقارن را ارزیابی می‌کند. این نوع نامتقارنی در ارتباط با شرایط مختلف رکود و رونق مطرح است. به ترتیبی که کاهش در عرضه اعتبارات در دوره‌های رکود اثر چندانی بر بنگاه‌های بزرگ نخواهد گذاشت. چرا که بنگاه‌های بزرگ می‌توانند از طریق بازار پول مستقیماً وجوه مورد نیاز خود را تامین کنند و از طرفی بنگاه‌های کوچک در دوره‌های رکود نسبت به دوره‌های رونق از نظر مالی در فشار بیشتری قرار دارند. بنابراین، این نوع نامتقارنی بر این نکته اشاره دارد که سیاست‌های پولی، اعم از انبساطی یا انقباضی، در دوره رکود نسبت به دوره رونق بر فعالیتهای اقتصادی اثرگذارترند.

۳. مطالعات انجام شده

مطالعات متعددی در زمینه بررسی وجود اثرات نامتقارن شوک‌های پولی در دوره‌های مختلف رکود و رونق اقتصادی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. تروپکین^۲ (۲۰۰۹) در مطالعه خود با استفاده از مدل چرخش مارکوف و به کارگیری داده‌های فصلی مربوط به دوره زمانی ۱۹۷۷-۲۰۰۶ به ارزیابی نامتقارنی مربوط به اثرات شوک‌ها در دوره‌های رکود و رونق اقتصادی پرداخته است. نتایج حاکی از وجود اثرات نامتقارن شوک‌ها در دوره‌های مختلف است. آراگون و پرتوگال^۳ (۲۰۰۹) نیز با استفاده از مدل چرخش مارکوف و به کارگیری داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶ به ارزیابی اثرات سیاست‌های پولی در دوره‌های مختلف رکود و رونق بر متغیرهای واقعی پرداختند. نتایج حاکی از وجود اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی در دوره‌های رکود و رونق می‌باشد. تان و حبیب‌الله^۴ (۲۰۰۷)، در مطالعه خود با استفاده از مدل چرخش مارکوف به بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌ها در شرایط رکود و رونق در چهار اقتصاد عضو آسه آن^۵ پرداختند. یافته‌ها حاکی از وجود اثرات نامتقارن سیاست‌ها در دوره‌های مختلف رکود و رونق است.

1. Gerteler
2. Trupkin
3. Aragon and Portugal
4. Tan and Habibullah
5. ASEAN

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

دولادو و ماریا دلارس^۱ (۲۰۰۶) در مطالعه خود طی دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۰۳ و به کارگیری مدل چرخش مارکوف به بررسی اثرات نامتقارن شوک‌های پولی در دوره‌های رکود و رونق بوده. نتایج این مطالعه تأیید کننده نامتقارنی اثرات شوک‌ها در دوره‌های رکود و رونق بر تولید واقعی است. همچنین وجود اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی بر سرعت خروج از دوره‌های رکود و رونق اقتصادی است. شن^۲ (۲۰۰۰) نیز در مطالعه خود در کشور تایوان در دوره زمانی ۱۹۹۴-۱۹۶۴ به بررسی دو نوع نامتقارنی پرداخت. اولین نامتقارنی در ارتباط با اثرات شوک‌های مثبت و منفی در شرایط مختلف تورمی است و دومین نوع نامتقارنی در ارتباط با اثرات شوک‌های مثبت و منفی در شرایط مختلف رکود و رونق می‌باشد. در این رابطه به منظور استخراج سه دوره تورمی و همچنین استخراج دوره‌های رکود و رونق، از مدل چرخش مارکوف استفاده شده است. نتایج این مطالعه حاکی از وجود اثرات نامتقارن در شرایط مختلف تورمی و همچنین در شرایط رکود و رونق می‌باشد.

هژبر کیانی و ابطحی (۱۳۸۸) در مطالعه خود با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۶۷ با استفاده از روش خود توضیح برداری، به ارزیابی اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید پرداختند. در این مطالعه با استفاده از مدل چرخش مارکوف، شوک‌های کوچک و بزرگ پولی استخراج شده است. نتایج این مطالعه حاکی از وجود اثرات نامتقارن در ارتباط با چسبندگی دستمزدها و قیمت‌ها و همچنین در ارتباط با اثرات شوک‌های بزرگ و کوچک پولی بر تولید است. اصغرپور (۱۳۸۴) نیز به بررسی انواع نامتقارنی در ارتباط با اثرات شوک‌های پولی بر تولید حقیقی در شرایط مختلف اقتصادی (رکود و تورم و رکود تورمی) و همچنین شرایط مختلف تورمی، در دوره زمانی ۱۳۷۸-۱۳۳۸ پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان دهنده وجود اثرات نامتقارن در شرایط مختلف اقتصادی و همچنین شرایط مختلف تورمی در اقتصاد ایران می‌باشد. فارداد (۱۳۸۲) در مطالعه خود با استفاده از روش دو مرحله ای بارو به بررسی اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید واقعی در شرایط مختلف رکود و رونق اقتصادی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد شوک‌های منفی در دوره‌های رکود و رونق اقتصادی دارای اثرات معنادار بر رشد اقتصادی هستند، ولی شوک‌های مثبت در هیچ یک

1. Dolado and Maria-Dolores
2. Shen

از دوره‌های رکود و رونق تاثیر معنادار بر رشد اقتصادی ندارند. همچنین نظیفی (۱۳۸۰) به منظور بررسی و آزمون اثرات شوک‌های پولی بر تولید واقعی از سه روش دو مرحله‌ای بارو، حداقل مربعات غیرخطی یک مرحله‌ای و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب در یافت که نتایج هر سه روش تقریباً یکسان بوده و در این مطالعه تنها شوک‌های منفی پولی بر تولید حقیقی تاثیرگذار است.

در این مطالعه سعی شده است به منظور استخراج دوره‌های رکود و رونق اقتصادی از تحلیل‌های دقیق آماری استفاده شود. در واقع شواهد موجود در اقتصاد، از جمله بررسی روند رشد تولید ملی و سایر متغیرهای مرتبط با وضعیت اقتصادی به تنهایی قادر نیست ما را به نتایج دقیق و واضح در ارتباط با شناخت دوره‌های رکود و رونق اقتصادی برساند. بنابراین در این مطالعه با استفاده از الگوریتم مقداری که توسط همیلتون^۱ (۱۹۸۹)، پیشنهاد و ارایه شده است، به شناسایی دوره‌های رکود و رونق اقتصادی پرداخته شده است. علاوه بر آن، در این مطالعه به منظور بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی، از مدل چرخش مارکوف استفاده شده است. این مدل نسبت به سایر مدل‌هایی که در این رابطه قابلیت کاربرد دارند، دارای مزیت‌هایی است که اهمیت و الزام استفاده از آن را دو چندان می‌کند، این برتری‌ها عبارتند از: ۱) در مدل چرخش-مارکوف، امکان انتخاب حالت‌های مختلف، همزمان با تخمین پارامترهای مدل وجود دارد. ۲) مدل‌های چرخش مارکوف، قادر به ارزیابی همزمان انواع مختلفی از نامتقارنی، در قالب یک مدل معین هستند (آراگون و پرتوگال، ۲۰۰۹: ۲۸۰).

۲. روش شناسی

به منظور بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی (مثبت و منفی) در شرایط رکود و رونق اقتصادی بر رشد تولیدات داخلی، این مطالعه نیازمند استخراج دو دسته متغیر می‌باشد. ۱) شوک‌های مثبت و منفی پولی (۲) شناسایی دوره‌های رکود و رونق اقتصادی.

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

۲-۱. استخراج شوک‌های پولی مثبت و منفی

یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج شوک‌های پولی به دو مولفه مثبت و منفی، استفاده از روش روند زمانی هودریک-پرسکات^۱ (۱۹۹۸) است. اگر یک سری زمانی مشاهده شده (x_t) را بتوان در قالب مجموع یک جزء نوسانی و یک روند تشریح کرد و α پارامتری باشد که بیان‌کننده واریانس نسبی روند در مقابل جزء نوسان باشد، در این صورت پارامتر مذکور بیانگر چگونگی کنترل مقدار همواری مسیر روند است. با معلوم بودن α ، رابطه فیلتر هودریک-پرسکات در قالب حداقل کردن مجموع مجذورات شکل می‌گیرد. در واقع مقادیر روند هودریک-پرسکات مقادیری هستند که رابطه زیر را حداقل می‌کنند:

$$j = \sum_{t=1}^T (x_t - \tau_{x,t})^2 + \alpha \sum_{t=2}^{T-1} [(\tau_{x,t-1} - \tau_{x,t}) - (\tau_{x,t} - \tau_{x,t-1})]^2 \quad (11)$$

در این رابطه Γ_t انحراف متغیر سری زمانی x_t را از روند آن (T) به دست می‌دهد. T تعداد مشاهدات و α نیز میزان هموار بودن روند را تعیین می‌کند^۲. در این روش مابه‌التفاوت اندازه روند متغیر محاسبه شده (hpx_t) از مقدار واقعی آن به عنوان شوک (u_t) شناخته می‌شود (عزیزی، ۱۳۷۹: ۷۰).

$$u_t = x_t - hpx_t \quad (12)$$

۲-۲. استخراج دوره‌های رکود و رونق اقتصادی

همیلتون آغازگر تحلیل‌های آماری در رابطه با استخراج دوره‌های رکود و رونق اقتصادی است. در واقع با کمک مقدار عددی توابع مربوط به داده‌های نرخ رشد تولید واقعی هر دوره، می‌توان دوره‌های رکود یا رونق را به خوبی مشخص کرد. در این مطالعه با استفاده از یک الگوریتم مقداری^۳ به منظور شناسایی دوره‌های رکود و رونق اقتصادی، شاخص "احتمال فیلتر

1. Hodrick-Prescott

۲. مقدار متعارف α برای داده‌های سالانه برابر با ۱۰۰ و برای داده‌های فصلی ۱۶۰۰ است. تاثیر این پارامتر در این است که از آمار سری زمانی مورد بررسی دوره‌های با فرکانس کمتر از ۸ سال را حذف می‌کند.

۳. این الگوریتم در پیوست مقاله توضیح داده شده است.

شده^۱ استخراج می‌شود. اگر مقدار عددی این شاخص مربوط به مشاهده دوره زمانی t بزرگتر از ۰/۵ باشد، دوره t به عنوان دوره رکود در نظر گرفته می‌شود و برای مقادیر کمتر از ۰/۵، دوره t به عنوان رونق اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. (همیلتون و چاوت، ۲۰۰۶: ۱۴).^۲

۲-۳. معرفی الگوی اقتصاد سنجی مناسب

به منظور بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی، به پیروی از آراگون و پرتوگال (۲۰۰۹)، مدل چرخش مارکوف همیلتون (۱۹۸۹) به گونه‌ای بسط و گسترش داده شده که بتوان به طور همزمان در قالب یک مدل، اثرات نامتقارن شوک‌های پولی مثبت و منفی در دوره رکود و رونق اقتصادی مورد تحلیل قرار داد.

شکل کلی و رایج مدل چرخش مارکوف به صورتی بسط داده شده که در آن رشد تولید واقعی به صورت انحرافی از میانگین در نظر گرفته می‌شود و از یک فرایند خود توضیح مرتبه p پیروی می‌کند. یک تصریح کلی و رایج در رابطه با این مدل به این شرح است:

$$\Delta y_t - \mu_{s_t} = \Phi_1 (\Delta y_{t-1} - \mu_{s_{t-1}}) + \dots + \Phi_p (\Delta y_{t-p} - \mu_{s_{t-p}}) + \gamma^-_{s_{t-1}, 1} u^-_{t-1} + \dots + \gamma^-_{s_{t-p}, p} u^-_{t-p} + \gamma^+_{s_{t-1}, 1} u^+_{t-1} + \dots + \gamma^+_{s_{t-p}, p} u^+_{t-p} + \varepsilon_t \quad (13)$$

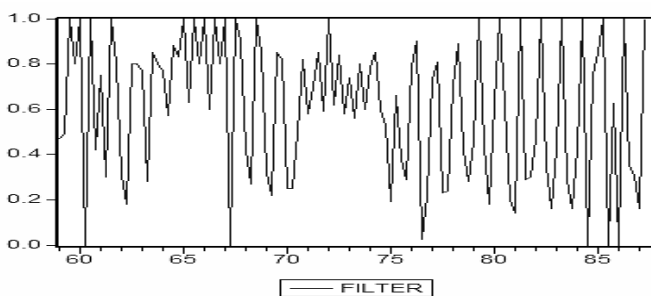
در این رابطه Δy_t ، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی واقعی، μ_{s_t} میانگین نرخ رشد تولیدات وابسته به وضعیت‌های رکود و رونق اقتصادی، u^-_{t-p} شوک منفی پولی که با وقفه p بر رشد تولید واقعی تاثیر گذار می‌باشد، $\gamma^-_{s_{t-p}, p}$ ضریب شوک منفی پولی وابسته به شرایط مختلف (دوره های رکود و رونق) که عکس العمل Δy_t به شوک پولی منفی اعمال شده، البته با در نظر گرفتن وضعیت حاکم بر اقتصاد در دوره زمانی $t-p$ (رکود یا رونق بودن این دوره زمانی) را نشان می‌دهد، u^+_{t-p} شوک مثبت پولی و $\gamma^+_{s_{t-p}, p}$ ضریب شوک مثبت پولی وابسته به وضعیت‌های رکود و رونق، که عکس العمل Δy_t به شوک پولی مثبت را در شرایط مختلف (رکود یا رونق بودن اقتصاد) نشان می‌دهد. متغیر s_t نشان دهنده شرایط مختلف حاکم بر اقتصاد اعم از رکود یا رونق اقتصادی است که در دوره رکود معادل $s_t = r$ و در دوره رونق

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

معادل $s_r = e$ می‌باشد. بنابراین پارامترهای مدل به ترتیب در دوره‌های رکود $\mu_e, \gamma_{e,i}^-, \gamma_{e,i}^+$ و در دوره‌های رونق $\mu_r, \gamma_{r,i}^-, \gamma_{r,i}^+$ خواهند بود.

۳. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل

در این بخش از مقاله به منظور بررسی اثرات نامتقارن با استفاده از آمارهای سری زمانی^۱ حجم پول و تولید ناخالص داخلی مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۷:۲ - ۱۳۶۸:۱ از طریق روش فیلتر هودریک- پرسکات، به استخراج شوک‌های مثبت و منفی پولی از متغیر نرخ رشد حجم پول پرداخته شده است. سپس با استفاده از روش شاخص سازی احتمالات فیلتر شده دوره‌های رکود و رونق اقتصادی تخمین و استخراج شده اند. نمودار (۱) طبق شاخص احتمال فیلتر شده بر اساس رکود طراحی شده است. در این نمودار براساس روش همپلتون (۱۹۸۹)، مبنای تصمیم‌گیری به ازای مقادیر شاخص بزرگتر از ۵ درصد دوره رکود اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. جدول (۱) نتایج تخمین مدل چرخش مارکوف در خصوص اثرات نامتقارن سیاست پولی بر سطح تولید را نشان می‌دهد.



نمودار ۱. احتمالات فیلتر شده بر مبنای رکود اقتصادی

در این بخش، به بررسی نتایج تخمین مدل چرخش مارکوف، به منظور بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی بر تولید واقعی پرداخته شده است. مدل (۱) با استفاده از شوک‌های مثبت و منفی به دست آمده از روش فیلتر هودریک - پرسکات با استفاده از روش حداقل

۱. داده‌های مربوطه از داده‌های سری زمانی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران در سال‌های مختلف اخذ شده است.

مربعات معمولی^۱ تخمین زده شده است. نتایج تخمین مدل در جدول (۱) به شرح زیر خلاصه شده است.

در این مدل‌ها وقفه بهینه برای متغیر تولید ناخالص داخلی، بر اساس آماره‌های شوارز و آکائیک، معادل سه می‌باشد. بررسی اثرات نامتقارن سیاست‌های پولی با استفاده از مدل چرخش مارکوف به نحوی است که اثرات شوک‌های پولی بر تولید توسط مجموع ضرایب هرنوع شوک برای هر دوره اقتصادی ($\sum_t \gamma_{r,i}^+$ and $\sum_t \gamma_{e,i}^-$ for $j = +, -$) تعیین می‌شود. به عنوان مثال، طبق نتایج گزارش شده در جدول (۱)، ملاحظه می‌شود $\sum \gamma_r^- = -0.23$ در صورتی که مجموع اثرات شوک‌های مثبت پولی اعمال شده در شرایط رکود معادل $\sum \gamma_r^+ = 0.17$ می‌باشد.

جدول ۱. نتایج تخمین پارامترهای مدل چرخش مارکوف (AR(۳)-MS(۲)) در دوره‌های رکود و رونق اقتصادی

دوره رونق		دوره رکود		ضرایب
آماره t	ضریب تخمینی	آماره t	ضریب تخمینی	
۲/۵۹	۰/۲۹	۱/۰۴	۰/۱۷	$\gamma_{s_{t-1},1}^-$
-۲/۳۰	-۰/۰۳	-۲/۹۷	-۰/۴۰	$\gamma_{s_{t-2},2}^-$
-۲/۶۸	-۰/۲۹	۳/۲۹	۰/۶۸	$\gamma_{s_{t-1},1}^+$
-۳/۷۶	-۰/۶۹	۲/۵۳	۰/۴۹	$\gamma_{s_{t-2},2}^+$
-۵/۶۳	-۰/۵۶	-۲/۰۵	-۰/۲۳	Φ_{t-1}
-۵/۰۵	-۰/۴۱	-۰/۲۹	-۰/۰۳	Φ_{t-2}
-۴/۸۰	-۰/۴۹	-۲/۱۳	-۰/۲۵	Φ_{t-3}
	۰/۲۶		-۰/۲۳	$\sum \gamma^-$
	-۰/۹۸		۱/۱۷	$\sum \gamma^+$
	(۰/۶۰) ۱/۰۲	(۰/۱۳) ۴/۰۳		آماره ژارکویرا (آماره p)

منبع: محاسبات مقاله

با توجه به این که اثر پذیری تولید ناخالص داخلی از مجموع شوک‌های مثبت در دوره رکود به مراتب بیش از اعمال همین میزان شوک منفی در همین دوره است. بنابراین وجود اثرات

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

نامتقارن شوک‌های پولی در دوره رکود اقتصادی به اثبات می‌رسد. نتایج آزمون والد نیز به منظور ارزیابی و تعیین معناداری آماری اثرات نامتقارن شوک‌های پولی در شرایط متفاوت اقتصادی، در جدول (۲) خلاصه شده‌اند. در رابطه با آزمون‌های والد، این بخش به دنبال بررسی این نکته است که آیا اثرات سیاست‌های پولی متفاوت، در شرایط مختلف بر رشد تولید ناخالص داخلی نامتقارن هستند. به منظور پاسخگویی به این سوال با استفاده از آزمون‌های والد، فرضیه صفر متناسب با هر نوع نامتقارنی مطرح می‌گردد. به عنوان مثال در رابطه با اثرات شوک‌های مثبت و منفی در دوره رکود، فرضیه صفر بیانگر وجود اثرات یکسان شوک‌های مثبت و منفی در دوره رکود بر رشد تولید ناخالص داخلی می‌باشد.

جدول ۲. نتایج آزمون والد

آماره p	آماره χ^2	فرضیه صفر
۰/۰۰	۰/۲۳	$\sum \gamma_{r,i}^- = \sum \gamma_{r,i}^+$
۰/۰۰	۵۶/۴۸	$\sum \gamma_{e,i}^- = \sum \gamma_{e,i}^+$
۰/۰۰	۶۲/۱۰	$\sum \gamma_{e,i}^+ = \sum \gamma_{r,i}^+$
۰/۰۲	۴/۸۵	$\sum \gamma_{e,i}^- = \sum \gamma_{r,i}^-$
۰/۰۰	۱۶/۷۴	$\sum \gamma_e = \sum \gamma_r$

منبع: محاسبات مقاله

طبق مقدار بحرانی حاصل از آزمون والد، ملاحظه می‌شود فرضیه صفر رد و فرضیه مقابل آن، مبنی بر وجود اثرات نامتقارن سیاست‌های مثبت و منفی در دوره رکود پذیرفته می‌شود. در همین رابطه ملاحظه می‌شود که نتایج حاصل از آزمون والد، نتایج حاصل از مدل چرخش مارکوف را تایید می‌کند، چراکه $(\sum \gamma_r^+ = 1/17 < \sum \gamma_r^- = -1/23)$ به ترتیبی که اعمال یک شوک مثبت پولی در دوره رکود، رشد تولیدات داخلی را بیش از کاهش ناشی از یک شوک منفی در همین دوره افزایش داده است. در واقع در دوره‌های رکود اقتصادی، به علت خالی بودن ظرفیت‌های اقتصادی و کمبود تقاضا، سیاست‌های طرف تقاضا به خوبی قادرند بخش واقعی اقتصاد را تحت تاثیر قرار دهند. با توجه به نتایج حاصل از تخمین مدل احتمالاً در اقتصاد ایران در دوره‌های رکود اقتصادی به دلایلی از جمله کمبود تقاضا، کمبود سطح

اعتبارات، عدم اطمینان جهت سرمایه‌گذاری، بالا بودن ریسک تولیدات و غیره، انگیزه کافی برای افزایش سطح تولیدات برای تولید کنندگان وجود ندارد. در این شرایط شاید با اعمال یک سیاست پولی انبساطی بتوان شرایط مناسب را برای تولید کنندگان فراهم آورد و در نهایت به روند رشد تولیدات داخلی کمک کرد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که میزان تاثیرگذاری شوک‌های مثبت پولی در دوره رونق بیش از شوک‌های منفی است ($\sum \gamma_e^+ = -0.98 < \sum \gamma_e^- = 0.26$). در واقع نتایج نشان دهنده این

نکته می‌باشد که اعمال شوک مثبت پولی در دوره رونق اقتصادی، موجب شده که روند رشد تولیدات داخلی منفی گردد ولی در مقابل اعمال شوک منفی پولی موجب افزایش و مثبت شدن رشد تولیدات ملی می‌شود. از آنجایی که کالاهای بادوام به عنوان دارایی‌های رقیب پول عمل می‌کنند، زمانی که سطح قیمت‌ها افزایش می‌یابد، ارزش و یا قدرت خرید موجودی کالاهای بادوام افزایش و قدرت خرید پول کاهش می‌یابد. بنابراین در این شرایط هزینه فرصت نگهداری پول بالا رفته و جریان نقدینگی از مسیر تولیدات خارج و به سمت بازارهایی از جمله مسکن حرکت می‌کند. در این شرایط احتمالاً اگر سیاستگذاران بانک مرکزی به دنبال اعمال شوک مثبت پولی باشند، اثرات منفی اعمال شوک به مراتب بیش از اثرات مثبت خواهد بود. طی سال‌های مورد مطالعه، احتمالاً همین شرایط نااطمینانی در اقتصاد ایران موجب شده اعمال سیاست‌های پولی انبساطی نسبت به سیاست‌های انقباضی در دوره‌های رونق اقتصادی دارای نتایج مطلوبی نباشد.

همچنین نتایج این آزمون نشان می‌دهد که اثرات کلی شوک‌های پولی در دوره رکود اقتصادی بیش از دوره رونق اقتصادی است به گونه‌ای که اعمال شوک‌های پولی اعم از مثبت و منفی بودن شوک در دوره رکود، دارای اثرات مثبت در روند رشد تولیدات داشته و در مقابل اعمال شوک پولی در دوره رونق اقتصادی به طور کلی دارای اثرات منفی بر رشد تولیدات داشته است. ($\sum \gamma_r = 0.94 > \sum \gamma_e = -0.72$). از آنجا که معمولاً در شرایط رکود اقتصادی بر

سطح اعتبارات محدودیت برقرار می‌گردد، به احتمال زیاد اگر در این شرایط سیاست پولی انقباضی اعمال شود به نوعی سطح اعتبارات بانکی محدودتر شده و وام دهی بانک‌ها کاهش می‌یابد که این امر خود به تداوم رکود اقتصادی کمک می‌کند. از طرفی احتمالاً، اگر در همین شرایط سیاست انبساطی اعمال شود به افزایش توان وام دهی بانک‌ها کمک کرده منجر به

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

بهبود شرایط و افزایش سطح تولیدات می‌گردد. احتمالاً با توجه به شواهد موجود می‌توان گفت که برآیند اثرات مثبت و منفی شوک‌های پولی در دوره رکود در جهت افزایش سطح تولیدات داخلی است. در دوره رونق اقتصادی به علت بالا بودن نسبی توان تولید و امکانات موجود در اقتصاد نیاز چندانی به تزریق پول و منابع پولی نیست و احتمالاً اگر در این دوره سیاست انبساطی اعمال شود موجب افزایش سطح عمومی قیمت‌ها و تداوم تورم و در نتیجه کاهش سطح تولید داخلی می‌شود. همچنین در این دوره اقتصادی اعمال سیاست‌های پولی انقباضی امکان دارد که قادر به کاهش فشارهای تورمی باشد و تا حدودی می‌تواند به روند رشد تولیدات داخلی کمک کند. بنابراین در دوره رونق اقتصادی برآیند سیاست‌های انقباضی و انبساطی در جهت کاهش سطح تولیدات داخلی هستند.

۳. نتایج و پیشنهادها

در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از داده‌های سری زمانی فصلی اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۶۸ اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید و قیمت‌ها به بوطه آزمون گذارده شود. از آنجا که هدف اصلی تمامی سیاست‌گذاران اقتصادی رسیدن به سطح بالاتر از رشد تولیدات و کاهش سطح عمومی قیمت‌ها است، طبق نتایج به دست آمده، در رابطه با سیاست‌های دوران رکود، ملاحظه می‌شود اعمال سیاست انبساطی در این دوره موجب رشد تولیدات داخلی شده، در حالی که اعمال سیاست انقباضی موجب کاهش رشد سطح تولید می‌گردد. بنابراین پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران به منظور تحقق اهداف اقتصادی و نیز ارتقای کارایی سیاست‌های انبساطی، این سیاست‌ها را در دوره‌های رکود اقتصادی اعمال کنند زیرا در دوره رکود اقتصادی سیاست‌های انبساطی موجب افزایش قابل توجه در سطح تولیدات داخلی می‌شود.

در رابطه با اعمال سیاست‌های پولی در دوره‌های رونق اقتصادی ملاحظه می‌شود اعمال سیاست انبساطی موجب کاهش سطح تولیدات داخل و در مقابل، اعمال سیاست‌های انقباضی موجب بهبود رشد تولید داخلی شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در دوره‌های رونق اقتصادی سیاست‌گذاران دست کم از سیاست‌های انقباضی بهره گیرند. همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد اثر کلی شوک‌های پولی در دوره رکود اقتصادی بیش از دوره‌های رونق

اقتصادی است. بنابراین می‌توان به سیاست گذاران پیشنهاد داد در صورت اعمال شوک‌های پولی ترجیحا سیاست مورد نظر خود را در دوره‌های رکود اقتصادی اعمال کنند. زیرا در این دوره‌ها اقتصاد دارای توانایی‌های بالقوه و ظرفیت‌های فراوان تولید بوده و اگر سیاست مورد نظر در این دوره اعمال شود، این سیاست زمینه ساز خروج اقتصاد از وضعیت رکود می‌شود. بنابراین توصیه می‌گردد بانک مرکزی به منظور تحقق اهداف کلان اقتصادی، کارائی شوک‌های پولی بر تولید و قیمت‌ها را در شرایط مختلف رونق و رکود اقتصادی مدنظر قرار دهد. در پایان با مقایسه از این مطالعه با سایر مطالعات صورت گرفته در ایران ملاحظه می‌شود وجود اثرات نامتقارن سیاست های پولی با اشکال مختلف در تمامی این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته و تا حدودی وجود این اثرات نامتقارن شوک های سیاست پولی به اثبات رسیده است. نزدیک ترین مطالعه به مطالعه حاضر مقاله فاردار (۱۳۸۲) می‌باشد که نتایج آن نشان می‌دهد که شوک های پولی منفی در دوره های رکود و رونق اقتصادی. بر رشد تولیدات واقعی اثرات معنادار دارند اما شوک های مثبت اثرات معنادار بر روند رشد ندارند. تفاوت این مطالعه با نتایج فاردار در این نکته است که در این مطالعه شوک های مثبت پولی بر روند رشد تولیدات داخلی دارای اثر معنادار و متفاوت با اثرات ناشی از شوک های منفی می‌باشد، علاوه بر آن در این مطالعه صرف نظر از نوع شوک پولی، اثرات نامتقارن کلیه شوک های پولی در دوره های رکود و رونق اقتصادی و جهت این اثرگذاری ها به اثبات رسیده اند.

منابع

- اصغرپور، حسین (۱۳۸۴). اثرات نامتقارن شوکهای پولی بر تولید و قیمت در ایران. رساله دکتری اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
- برانسون، ویلیام. اچ (۱۳۷۴). تئوری و سیاست های اقتصاد کلان. مترجم دکتر عباس شاکری. نشر نی، تهران.
- فاردار، احمد (۱۳۸۲). بررسی اثر نامتقارن شوکهای پولی بر بخش واقعی اقتصاد. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی.
- عزیزی، فیروزه (۱۳۷۹). تبیین و پیش بینی شکاف تورمی و فرآیند تعدیل آن بر اساس نظریه عدم تعادل، مورد ایران. رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

- نظیفی، فاطمه (۱۳۸۰). تاثیرات نامتقارن شوک‌های اسمی (پولی) بر تولید و آزمون عدم تقارن چرخه های تجاری در ایران. رساله دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.

- هژبر کیانی، کامبیز و ابطحی، سید یحیی (۱۳۸۷). آزمون دیدگاه های کینزی جدید پیرامون اثرات نامتقارن شوک های پولی بر تولید در اقتصاد ایران با استفاده از مدل چرخش رژیم مارکوف. پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی و علوم اقتصادی، ۸(۳): ۱۲۳-۱۴۴.

-Aragon, E.K., & Portugal, M.S.(2009). Asymmetric effects of monetary policy in Brazil. *Estudos Economicos*, 39(2): 277-300.

-Ball, L., & Mankiw. N.G. (1994). Asymmetric price adjustment and economic fluctuations. *Economic Journal*, 104: 247-261.

-Cover, J.P. (1992). Asymmetries effects of positive and negative money supply shocks. *Quarterly Journal of Economics*, 107: 1261-1282.

-Dolado, J.J., & Maria-Dolores, R. (2001). An empirical study of the cyclical effects of monetary policy in Spain (1977-1997). *Investigations Economics*, 25: 3-30.

-Garcia, R., & Schaller, H. (1995). Are the effects of monetary policy asymmetric? , Working Paper, University de Montreal.

-Gertler, M. (1988). Financial structure and aggregate economic activity: An overview. *Journal of Macroeconomics*, 20: 559-588.

-Hamilton, J.D. (1989). A new approach to the economic analysis of non-stationary time series and the business cycle. *Journal of Econometrics*, 57:357-384.

-Hodrick, R.J., & Edward C.P. (1998). Postwar U.S. business cycle an empirical investigation . *Journal of Money*, 29(1): 1-16.

-Kuzin, V., & Tober, S. (2004). Asymmetric monetary policy effects in Germany. *German Institute for Economic Research*.

-Mankiw, N.G. (1985). Small menu costs and large business cycles: A macroeconomic model of monopoly. *Quarterly Journal of Economics*, 10(2):529-38.

-Marcelle C., & Hamilton, J.D. (2006). Dating business cycle turning points, Contributions to economic analysis, 276: 1-54.

-Morgan, D.P. (1993). Asymmetric effects of monetary policy. Federal Reserve Bank of Kansas City 78(2): 21-34.

-Rhee, W., & Rich, R.W. (1995). Information and the asymmetric effects of money on output fluctuations. *Journal of Macroeconomics*, 17: 683-702.

-Shen, C.H., & Chiang, T.C.N. (1999). Retrieving the vanishing liquidity effect: A threshold vector autoregressive model . *Journal of Economic and Business*, 51(3): 259-277.

- Shen, C.H. (2000). Are the effects of monetary policy asymmetric? The case of Taiwan. *Journal of Policy Modeling*, 22: 197–218.
- Tan, S.H., & Habibullah, M.S. (2007). Business cycles and monetary policy asymmetry: An investigation using Markov-Switching models, *physica a*, 380: 297-30.
- Thoma, A.M. (1994). Subsample instability and asymmetries in money-income causality. *Journal of Econometrics*, 64: 279–306.
- Trupkin, R . (2006). Monetary policy and asymmetries in the Business cycle of Argentina. *Journal of Business and Economics*, University of Nairobi, 2009.
- Yellen JK. (1984). Efficiency wage models of unemployment *American Economic Review* 74:200-5.

پیوست

الگوریتم مربوط به داده سازی رکود و رونق

در این مطالعه به پیروی از همیلتون و چاوت^۱ (۲۰۰۶)، به منظور شناسایی دوره‌های رکود و رونق اقتصادی از متغیر نرخ رشد تولید حقیقی استفاده می‌شود. به گونه‌ای که در ابتدا، طبق ویژگی‌هایی که به طور معمول برای دوره‌های رکود و رونق اقتصادی در نظر گرفته می‌شود یک تقسیم بندی اولیه از داده‌های نرخ رشد تولید واقعی برای دوره‌های رکود و رونق صورت می‌گیرد بنابراین در ادامه دو دسته مشاهده مربوط به دوره‌های رکود و رونق اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. با مقایسه میانگین و انحراف معیارهای حاصل از این دو دسته مشاهدات ملاحظه می‌شود، علی‌رغم وجود تفاوت در مقادیر مربوط به میانگین دو دوره رکود و رونق اقتصادی، انحراف معیار دوره‌ها یکسان و مساوی هستند.

$$\mu_r = -0/033 \quad \mu_e = 0/48 \quad \delta_r = 0/06 \quad \delta_e = 0/06$$

بنابراین می‌توان توزیع مربوط به دوره‌های رکود و رونق را توزیع نرمال در نظر گرفت. با در نظر گرفتن توزیع نرمال برای دوره‌های رکود و رونق اقتصادی، تابع چگالی احتمال مربوط به این توزیع نرمال را می‌توان به صورت روبه‌رو در نظر گرفت:

$$f(y_t / s_t = i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(\frac{-(y_t - \mu_i)^2}{2\sigma^2}\right)$$

¹Hamilton and Chauvet

اثرات نامتقارن شوک‌های سیاست پولی بر سطح تولید واقعی در ایران: رویکرد چرخش مارکوف —

با توجه به چگالی در نظر گرفته شده می‌توان تابع حداکثر درستنمایی^۱ اولین مشاهده را در نمونه به صورت زیر در محاسبه کرد:

$$f(y_1; \theta) = \sum_{i=1}^1 \frac{\pi_i}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(-\frac{(y_1 - \mu_i)^2}{2\delta^2}\right)$$

در ادامه تابع احتمالات فیلتر شده که در نهایت به عنوان $\pi_i = pr(s_t = i) = \frac{1 - p_{ij}}{2 - p_{jj} - p_{ii}}$

شاخص و ملاکی برای تعیین دوره‌های رکود و رونق مورد استفاده قرار می‌گیرد برای اولین مشاهده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$pr(s_1 = i / y_1; \theta) = [f(y_1; \theta)]^{-1} \frac{\pi_i}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(-\frac{(y_1 - \mu_i)^2}{2\delta^2}\right)$$

در مرحله دوم به علت موجود بودن اطلاعات مربوط به یک دوره قبل، بنابراین برای دومین مشاهده می‌توان از رابطه حداکثر درستنمایی شرطی به صورت زیر استفاده کرد:

$$f(y_2 / y_1; \theta) = \sum_{j=0}^1 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(-\frac{(y_2 - \mu_j)^2}{2\delta^2}\right) pr(s_2 = j / y_1; \theta)$$

در این مرحله وزن تابع چگالی احتمال، احتمال شرطی است که به صورت زیر مطرح شده است:

$$pr(s_2 = j / y_1; \theta) = \sum_{i=1}^1 p_{ij} pr(s_1 = i / y_1; \theta)$$

در این رابطه p_{ij} متغیر موسوم به احتمال انتقال است و احتمال اینکه در دوره t وضعیت j بر اقتصاد حاکم باشد به شرط آنکه در دوره $t-1$ وضعیت i برقرار بوده را نشان می‌دهد. این احتمال انتقال به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$p_{ij} = pr(s_t = j / s_{t-1} = i)$$

مجدداً در این مرحله تابع احتمال فیلتر شده برای دومین مشاهده طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$pr(s_{y_t = i} / y_t, y_t; \theta) = [f(y_t / y_t; \theta)]^{-1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(-\frac{(y_t - \mu_t)^2}{2\delta^2}\right) pr(s_{y_t = 0} / y_t; \theta)$$

$$\frac{f(y_{t+1} / s_{t+1} = i, y_t) pr(s_{t+1} = i / y_t)}{\sum f(y_{t+1} / s_{t+1} = j, y_t) pr(s_{t+1} = j / y_t)}$$

همانطور که ملاحظه می‌شود تابع احتمال فیلتر شده در واقع تابعی است که به کمک آن می‌توان احتمال اینکه در دوره t وضعیت i حاکم باشد، به شرط داشتن اطلاعات درآمدی مربوط به دوره t و تمامی دوره‌های قبل از t و همچنین اطلاعات میانگین و واریانس و احتمالات انتقال مربوط به دوره‌های در نظر گرفته شده، محاسبه کرد. به همین ترتیب احتمالات فیلتر شده را برای تمام مشاهدات محاسبه کرده و این احتمال فیلتر شده در واقع همان شاخص فیلتر بر مبنای رکود است که بر اساس مقدار عددی آن می‌توان دوره‌های رکود و رونق اقتصادی را با احتمال اشتباه کمتری شناسایی کرد. (همیلتون و چاوت، ۲۰۰۶: ۱۱).