تحقیقات اقتصادی، دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص ۱۸۸ - ۱۶۷

هدف‌گذاری تورمی متناسب با رشد اقتصادی با استفاده از کنترل بهینه و الگوریتم ژنتیک در برنامهٔ چهارم توسعه

ناصر الهی[۱]

استادیار علوم اقتصادی، دانشگاه مفید economics@mofidu.ac.ir

عطیه هنردوست[۲]

کارشناس ارشد علوم اقتصادی، دانشگاه مفید economist.honardost@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۰۹

چکیده

یکی از مهم‌ترین متغیرهای مورد توجه سیاست‌گذاران در هر کشور نرخ تورم است. در نظام هدف‌گذاری تورم، تورم پایین و باثبات هدف اصلی سیاست به صورت صریح و مستقیم است. از سویی ثبات قیمت‌ها، که از نتایج مهم هدف‌گذاری تورمی است، شرط لازم برای دستیابی به سطوح پایدار رشد اقتصادی تلقی می‌شود. بر این اساس، در نظر داریم با استفاده از روش کنترل بهینه به بررسی هدف‌گذاری تورمی متناسب با رشد اقتصادی طی برنامهٔ چهارم توسعه بپردازیم. این کار را از طریق مینیمم‌سازی تابع زیان اجتماعی، به‌منزلهٔ تابع هدف، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تابع GA مقید انجام می‌دهیم. قید تابع با استفاده از روش اقتصادسنجی رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) برآورد می‌شود. برای سنجش اثرگذاری متغیرهای کنترل در متغیرهای وضعیت به طرح سناریوهای مختلف اقدام می‌کنیم؛ در نهایت مشخص می‌شود که طی برنامهٔ چهارم توسعه، ابزارهای سیاست پولی در مقایسه با ابزارهای سیاست مالی از درجهٔ اثرگذاری بیشتری برخوردارند.

طبقه‌بندی JEL: C13, C61, E31.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم ژنتیک، تابع زیان اجتماعی، رشد اقتصادی، کنترل بهینه، هدف‌گذاری تورمی.

---

۱. قم، دانشگاه مفید، بلوار شهید صدوقی، میدان مفید، دانشگاه مفید، تلفن: ۰۲۵۲۱۳۰۳۲۳

۲. نویسندهٔ مسئول، تهران، خیابان پیروزی، بعد از چهارراه امام علی، خیابان بایزید بسطامی، کوچه میرهاشمی، پلاک ۳۶، طبقه اول تلفن: ۰۹۱۰۲۱۲۷۰۰۵

۱. مقدمه

سیاست‌گذاران اقتصادی برای تأثیرگذاری در اقتصاد در جهات مورد نظر و نیل به اهداف اقتصادی، نظیر رشد اقتصادی و اشتغال کامل، از سیاست‌های اقتصادی متعددی بهره می‌جویند. دسترسی به اهداف اقتصادی برای تمامی اقتصاددانان مطلوب است، ولی در مورد اینکه تا چه حد یکی برای دستیابی به دیگری باید فدا شود، توافق کمتری بین آنها برقرار است (باتلر، ۱۳۷۷: ۲۰۳).

برای سیاست‌گذاری‌های اقتصادی در ایران بیشتر از روش‌های اقتصادسنجی استفاده شده است. با توجه به اینکه در تئوری کنترل بهینه می‌توان چندین هدف و چندین ابزار سیاستی را در نظر گرفت و کارایی نسبی سیاست‌ها را در رسیدن به اهداف سنجید، یعنی برای رسیدن به هدف مشخص از کدام ابزار باید استفاده کرد، در این تحقیق از کنترل بهینه برای سیاست‌گذاری استفاده شده است. همچنین، برای جست‌وجو در این تحقیق از میان سه روش عمدهٔ ریاضی، عددی و اتفاقی، با توجه به ضعف‌های روش ریاضی و عددی، از روش الگوریتم‌های جست‌وجوی اتفاقی که عمومیت بیشتری یافته‌اند استفاده کرده‌ایم و از میان روش‌های انتخاب اتفاقی از الگوریتم ژنتیک، به‌منزلهٔ ابزاری برای جست‌وجوی جواب بهتر، استفاده می‌کنیم.

در این مقاله، علاوه بر درنظرگرفتن ابزارهای سیاست پولی، به ابزارهای سیاست مالی نیز توجه می‌کنیم و بررسی می‌کنیم که از میان ابزارهای سیاست پولی و مالی کدام‌یک تأثیرگذارترند.

مطالعات بسیاری جنبه‌های نظری و تجربی چارچوب هدف‌گذاری تورم را بررسی کرده‌اند. به منظور مرور ادبیات موضوع، به برخی از مهم‌ترین مطالعات اشاره می‌شود.

جوناس و میشکین (۲۰۰۳) دلایل روی‌آوردن برخی کشورها، از جمله کشورهای در حال توسعه، را به رژیم هدف‌گذاری تورم کفایت‌نکردن هدف‌گذاری نرخ ارز در اثر افزایش تحرک سرمایه در دههٔ ۱۹۹۰، هدف‌گذاری پولی در اثر ابداعات مالی و علاقهٔ برخی اقتصادهای در حال گذر برای پیوستن به اتحادیهٔ اروپا ذکر کرده‌اند. برنانک و همکاران (۱۹۹۹) نیز در مطالعه‌ای بیان کرده‌اند که اتخاذ چارچوب هدف‌گذاری تورم به طور چشم‌گیری تورم را کاهش می‌دهد، ولی انتظارات تورمی را به‌سرعت کاهش نمی‌دهد همچنین، تورم‌زدایی را کم‌هزینه‌تر نمی‌کند.

از سوی دیگر، دیبل (۲۰۰۱) انتقاد برخی از مطالعات به چارچوب هدف‌گذاری تورم دربارهٔ هدف‌گذاری فقط روی نرخ تورم و نادیده انگاشتن تولید و اشتغال را بی‌مورد می‌داند. وی در مطالعهٔ خود بیان می‌دارد که چارچوب هدف‌گذاری تورم باثبات‌سازی

محصول و رشد آن را مدنظر قرار می‌دهد.کوربو و همکارانش (۲۰۰۱) نیز در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که اتخاذ چارچوب هدف‌گذاری تورم به طور چشم‌گیری تورم را کاهش داده است. آنها همچنین دریافتند که بعد از اتخاذ چارچوب هدف‌گذاری تورم، نوسانات تولید در اقتصادهایی با بازارهای نوظهور کاهش یافته است.

لین و ئی (۲۰۰۸)، برای بررسی اینکه آیا هدف‌گذاری تورم در کشورهای در حال توسعه اثری در کاهش تغییرپذیری تورم داشته است یا خیر، دربارهٔ سیزده کشور در حال توسعه و هدف‌گذار تورم مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که اگرچه کارایی هدف‌گذاری تورم در کاهش تغییرپذیری تورم در میان کشورها یکسان نیست، ولی در مجموع اثر هدف‌گذاری تورم وسیع و درخور توجه بوده است.

خلیلی عراقی و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش کنترل بهینه، قاعدهٔ سیاست بهینهٔ پولی برای اقتصاد ایران را با این فرض استخراج می‌کنند که سیاست‌گذار از نرخ بهره به‌منزلهٔ ابزار سیاستی استفاده می‌کند. برای این منظور در مدل کنترل بهینه تابع زیان بانک مرکزی را به‌منزلهٔ تابع هدف با استفاده از قاعدهٔ بهینهٔ متغیرهای تصادفی (شوک‌ها) از متغیرهای کنترل به‌دست آورده‌اند. آنها بیان می‌کنند که در شرایط فعلی رشد نقدینگی و تورم موجب افزایش نرخ بهره به‌منزلهٔ رفتار سیاستی می‌شود.

۲. سیاست‌گذاری اقتصادی و کنترل بهینه

امروزه به مقیاس وسیعی از نظریهٔ کنترل بهینه در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری اقتصادی استفاده می‌شود. این تئوری برای استفاده در مسائل و مدل‌های پویا و مواجهه با شرایط احتمالی غیرمعین مناسب است. تئوری کنترل بهینه بیشتر نتیجهٔ پیشرفت در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ است که شروع آن با به‌کارگیری اصل بهینه‌یابی بلمن مقارن است؛ هم‌زمان در شوروی نیز این تئوری با نگرش تئوریکی متفاوتی ظهور یافت که اصل «ماکزیمم پونتریاگین» نامیده می‌شود و اساساً، می‌توان این اصل را بسط حساب تغییرات دانست که «مک‌شین» و «والتنین» مطرح کرده بودند.

اساساً، یک مسئلهٔ کنترل بهینه شامل اجزای زیر است: (a) یک مجموعه معادلات دیفرانسیل در حالت زمان پیوسته یا تفاضلی در حالت زمان گسسته که نشان‌دهندهٔ سیستمی است که باید کنترل شود؛ (b) یک تابع هدف یا هزینه یا شاخص عملکردی که باید حداقل شود؛ (c) یک مجموعه شرایط مرزی در متغیرها و خلاصه؛ (d) یک مجموعه محدودیت‌ها در متغیرهای سیستم (Chow, 1973: 5).

با فرض تابع هدف (تابع زیان) از نوع درجهٔ دوم که فقط تقریبی از عملکرد سیاست‌گذاران است و مدلی اقتصادسنجی که تقریبی از دنیای واقعی است به حل مسئلهٔ کنترل بهینه پرداخته می‌شود. مسئله در حالتی حل می‌شود که سیستم معادلات به شکل سیستم مرتبهٔ اول یا متغیر وضعیت نوشته شود و تابع هزینه هم شامل متغیرهای کنترل، غیرقابل کنترل و متغیرهای وضعیت است. در نهایت سیستم معادلات و تابع هدفی به شکل زیر خواهیم داشت:

$$y_t = A_t\, y_{t-1} + C\, x_t + b_t + u_t \qquad (۱)$$

$$E_0\, W = E_0\, \Sigma\, (y_t - a_t)'\, K_t\, (y_t - a_t) \qquad (۲)$$

$$y^*_0 = y_0 \qquad (۳)$$

که در آن E_0 نشان‌دهندهٔ امید مورد انتظار است؛ K_t نشان‌دهندهٔ ماتریسی متقارن (معمولاً قطری) و نیمه‌معین مثبت بدون هیچ عنصر در ارتباط با متغیرهای تأخیری (درون‌زا و برون‌زا) است که هزینهٔ کنترل اقتصاد را نسبت به هزینه‌های انحراف اقتصاد از مسیر ایده‌آل نشان می‌دهد؛ a_t بردار اهداف برای متغیرهای هدف شامل متغیرهای جاری و (احتمالاً) با تأخیر متغیرهای وابسته همچنین، متغیرهای کنترلِ جاری و احتمالاً با تأخیر است. مقادیر مطلوب سطوحی از متغیرهاست که خواستهٔ سیاست‌گذاران است و از طرق مختلفی به دست می‌آید؛ u_t به‌منزلهٔ بخش احتمالی سیستم است و y_t و y_{t-1} و x_t و b_t به ترتیب متغیرهای درون‌زا، درون‌زای باوقفه، کنترل و غیرقابل کنترل‌اند. متغیرهایوضعیت متغیرهایی‌اند که حالت سیستم اقتصادی را در هر نقطه از زمان شرح می‌دهند (Kendrick, 2002: 50) و تصمیم‌گیرنده با تغییر متغیرهای تصمیم می‌تواند در آنها اثر بگذارد. متغیرهای کنترل متغیرهای سیاستی‌اند که در اختیار و کنترل دولت‌ها بوده و دولت‌ها با استفاده از این اهرم‌ها می‌توانند در عملکرد اقتصاد تأثیر بگذارند. متغیرهای غیر قابل کنترل در خارج از سیستم تعیین می‌شوند و قابل کنترل نیستند. همهٔ متغیرهای کنترل، غیر قابل کنترل و درون‌زای باوقفه متغیرهای ازپیش تعیین‌شده‌اند.

در تابع هدف درجهٔ دوم، سیاست‌گذار اقتصادی مایل است مجذور انحراف مقادیر متغیرهای هدف و نیز مجذور انحراف مقادیر متغیرهای کنترل از مقادیر برنامه‌ریزی‌شدهٔ آنها را بر اساس اولویت‌هایی که برای هدف‌های خود قائل است به حداقل برساند (عسلی، ۱۸:۱۳۷۵).

هـدف سیاسـت بهینـه تعیـین سلسـلهٔ x_1 تـا x_T اسـت کـه تـابع زیـان را نسـبت بـه محدودیت‌های مدل پویای (۱) و فـرض اولیـهٔ (۳) مینـیمم کنـد، در آن صـورت سلسـلهٔ بهینهٔ x_t در t تابع خطی معینی از حالت جاری y_{t-1} خواهد بود.

۳. معرفی متغیرهای مدل و تنظیم روابط بین آنها

برای تبیین علل تورم در ادبیات اقتصادی از روش‌هـای متفـاوتی اسـتفاده مـی‌شـود. در قسمت زیر به تفصیل دربارهٔ علل انتخاب متغیرها توضیح داده شده است.

برای سنجش تورم و قدرت خرید پول داخلی کشور از شاخص قیمت خرده‌فروشی کالاها و خدمات استفاده می‌شود. این شاخص به‌منزلهٔ نماگری مهم برای سنجش تورم و قدرت خرید پول داخلی کشور استفاده می‌شود.

تحقیقات نشان می‌دهد که الگوهای نئوکلاسیک سـال‌هـای ۱۸۷۱ تـا ۱۹۳۶ توجـه اصلی خود را به رفتار فرد و تصمیم‌گیری بهینه متوجه کرده است؛ بـر اسـاس ایـن الگـو، اعتقاد بر این بود که تغییرات در عوامل پولی می‌تواند در عوامل حقیقی اقتصاد، مانند نرخ اشتغال و سطح تولید ناخالص ملی، اثر بگذارد و نقش پول در بروز تغییرات و تحرکات در سطوح فعالیت‌های اقتصادی نقطه نظر مسلط نئوکلاسیک‌ها بوده است.

همچنین، بر اساس نظریهٔ مقداری پول، تورم تابعی از درآمد واقعی است کـه در ایـن تحقیق از تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه برای این منظور استفاده شده است.

تغییرات نرخ ارز، بسته به تغییراتی که در قیمت کالاهای وارداتـی ایجـاد مـی‌کنـد و بسته به جایگاه و وزن این کالاها در سبد کالایی مربوط به محاسبهٔ تورم، سطح قیمت‌ها و بنابراین تورم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عده‌ای بر آن‌اند کـه افـزایش قیمـت ارزهـای خارجی ناشی از سیاست‌های مبتنی بر تضعیف پول ملی، بـا فـرض تـأمین بـودن شـرط مارشال لرنر[1]، مازاد ارزی کشور را افزایش می‌دهد و موجب افزایش حجـم پـول و تـورم می‌شود (Rodringuez, 1978: 76-89). در اقتصاد ایران، به علـت گسـتردگی معـاملات خارجی با دلار امریکا، قیمت این ارز به‌منزلهٔ نرخ ارز بازار مدنظر قرار گرفته است.

واردات کالاها و خدمات، بر اساس نظریهٔ تابع تقاضا، به درآمد داخل و نسبت قیمـت کالاهای وارداتی به کالاهای داخلی بستگی دارد و می‌توانـد از عوامـل اثرگـذار در تـورم

---

۱. شرط مارشال لرنر در اقتصادهایی که از ثبات قیمت‌ها برخوردارند نسبت به این شرط در کشورهایی که در آنها قیمت‌ها بی‌ثبات‌اند کاملاً متفاوت است.

باشد؛ علاوه بر این، تعدیل حجم واردات به سمت کمیت مطلوب آن از فرایند تعدیل جزئی که دربرگیرندهٔ عادات مصرفی متقاضیان داخلی است پیروی می‌کند.

از سوی دیگر، با توجه به اینکه نفت مهم‌ترین کالای صادراتی کشور ما و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید ناخالص داخلی به شمار می‌رود، از نقش و تأثیر عمدهٔ آن در تابع تقاضای کل اقتصاد نمی‌توان به سادگی گذر کرد و همواره می‌توان ضریب بزرگ مثبتی را در تابع تقاضای کل برای بخش صادرات نفتی در نظر گرفت (مهرآرا و بیات، ۱۳۸۹: ۱۰۱۷).

مطابق ادبیات اقتصاد کلان، چنان‌چه سطح قیمت‌ها افزایش یابد، اولین متغیر تأثیرپذیر از افزایش سطح قیمت‌ها بالانس حقیقی پول است. به عبارت دیگر، با افزایش سطح قیمت‌ها عرضهٔ حقیقی پول کاهش می‌یابد. در چارچوب تحلیل‌های کینزی، کاهش عرضهٔ حقیقی پول سبب اختلالاتی در اقتصاد می‌شود. بر اساس تعادل والراسی، برای اینکه در اقتصاد تعادل برقرار شود، بروز مازاد تقاضای پول در بازار پول سبب ایجاد مازاد عرضه در بازار اوراق می‌شود که این امر سبب کاهش قیمت اوراق قرضه و افزایش نرخ بهرهٔ بازار می‌شود. بنابراین، از لحاظ تئوریک انتظار بر این است که با افزایش سطح قیمت‌ها نرخ بهره افزایش یابد (اصغرپور، ۱۳۸۶: ۵۳-۵۱).

در ادبیات اقتصادی در زمینهٔ نقش و اثر تورم در درآمدهای مالیاتی، تانزی برای اولین بار مطرح کرد که تورم باعث کاهش ارزش حقیقی درآمدهای مالیاتی می‌شود؛ وی بر آن است که افزایش تورم ممکن است، به سبب تأخیر در پرداخت مالیات‌ها، درآمدهای مالیاتی حقیقی را کاهش دهد و احتمال وقوع کسری بزرگ‌تر را نیز بالا ببرد؛ هر قدر تأخیر در پرداخت مالیات بیشتر و سیستم مالیاتی انعطاف کمتری داشته باشد، تأثیر تورم در درآمدهای حقیقی مالیاتی و به تبع آن گسترش کسری بودجه بیشتر خواهد بود (ضیایی بیگدلی، ۱۳۸۵: ۸۴-۸۳).

پس از بررسی روابط و متغیرهای مختلف در این قسمت به معرفی متغیرهای مدل این تحقیق می‌پردازیم که به شرح زیر است:

متغیرهای وضعیت عبارت‌اند از: GDP تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۱ و CPI شاخص قیمت خرده‌فروشی کالاها و خدمات به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳. متغیرهای قابل کنترل: M نقدینگی (شامل پول و شبه پول)؛ I نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی؛ IM واردات کالا و خدمات؛ TAX مالیات مستقیم و غیر مستقیم. متغیرهای غیر قابل کنترل: XO درآمد ناشی از صادرات نفت و EM نرخ ارز بازار آزاد.

۴. مدل پویای اقتصادسنجی به‌منزلهٔ معادلهٔ حرکت سیستم

معادلهٔ حرکت مکانیسمی را ارائه می‌دهد که از طریق آن انتخاب ما در مورد متغیر کنترل می‌تواند به الگوی مشخصی از حرکت متغیر وضعیت y تبدیل و مرتبط شود. به همین علت، این معادله را معادلهٔ حرکت می‌گویند. بسیاری از مدل‌های اقتصادی طبیعتاً مانند مدل‌های پویا فرمول‌بندی شده‌اند. مدل‌های پویا را به این علت استفاده می‌کنند که در عمل مدلی ایستا نمی‌تواند پدیدهٔ چرخه‌های نوسانی متغیرهای اقتصاد را شرح دهد. همچنین، مسیر زمانی متغیر در اثر تغییری مشخص در متغیرهای دیگر نمی‌تواند یکنواخت باشد و حرکت آن طی زمان به نظمی مطلق همگرا نخواهد بود. چهار نیرویی که در یک سیستم اقتصادی پویا به‌منزلهٔ قید در مدل کنترل به کار گرفته می‌شوند عبارت‌اند از: ۱. تأثیرات متقابل متغیرهای درون‌زا در دوره‌های مختلف زمانی به علت واکنش‌های تأخیری؛ ۲. متغیرهای سیاستی یا کنترل؛ ۳. متغیرهای غیر قابل کنترل و غیر توضیحی؛ ۴. عوامل تصادفی نقش‌آفرین در اقتصاد. در حالت کلی معادلهٔ سیستم به فرم تقلیل‌یافتهٔ زیر نوشته می‌شود:

$$Y_t = AY_{t-1} + Cx_t + BZ_t + U_t \qquad (۵)$$

که در آن U_t بخش احتمالی سیستم است و Y_t و Y_{t-1} و x_t و Z_t به ترتیب متغیرهای درون‌زا، درون‌زای باوقفه، کنترل و غیر قابل کنترل‌اند. در این سیستم به علت اینکه می‌خواهیم اثر نیروهای داخلی درون سیستم در بردار Y_t سنجش شود فقط از وقفهٔ یک یعنی AY_{t-1} استفاده کرده‌ایم.

در این تحقیق در نظر داریم که از رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) به‌منزلهٔ معادلهٔ حرکت سیستم استفاده کنیم. برای اینکه مدل معادلات قادر به توضیح دو متغیر درون‌زا باشد، دو رابطه یا معادلهٔ رفتاری مورد نیاز است که در اینجا شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی و تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت به‌منزلهٔ متغیرهای درون‌زا در نظر گرفته شده‌اند و دو معادله نیز برای آنها بیان شده که به صورت ذیل ارائه شده‌اند:

$$\text{Log(GDP)} = \alpha_1 + \beta_1 \log(\text{GDP}(-1)) + \beta_2 \log(\text{CPI}(-1)) + \beta_3 \log(\text{M}) + \beta_4 \text{I} + \beta_5 \log(\text{IM}) + \beta_6 \log(\text{TAX}) + \beta_7 \log(\text{XO}) + \beta_8 \text{EM} \qquad (۶)$$

$$\text{Log(CPI)} = \alpha_2 + \beta_9 \log(\text{GDP}(-1)) + \beta_{10} \log(\text{CPI}(-1)) + \beta_{11} \log(\text{M}) + \beta_{12} \text{I} + \beta_{13} \log(\text{IM}) + \beta_{14} \log(\text{TAX}) + \beta_{15} \log(\text{XO}) + \beta_{16} \text{EM} \qquad (۷)$$

قبل از تخمین مدل، باید به بررسی پایایی متغیرها بپردازیم، زیرا به‌کارگیری روش‌های معمول اقتصادسنجی در برآورد ضرایب با استفاده از داده‌های سری زمانی بر پایایی متغیرهای الگو استوار است. اگر متغیرهای سری زمانی مورد استفاده در برآورد

ضرایب الگو ناپایا باشند، ممکن است هیچ رابطهٔ بامفهومی بین متغیرهای الگو برقرار نباشد. از این رو، با استفاده از آزمون دیکی‌فولر تعمیم‌یافته، نتایج ذیل دربارهٔ پایایی متغیرهای مورد استفاده به دست آمده است. نتایج این آزمون برای همهٔ متغیرها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. آزمون مانایی متغیرهای مدل

نام متغیر	حالت وجود عرض از مبدأ و نبود روند خطی در داده‌ها				حالت وجود عرض از مبدأ و روند خطی در داده‌ها			
	وضعیت مانایی متغیر	مقدار بحرانی ADF در سطح اطمینان ۹۵٪	آمارهٔ ADF براساس معیار SBC	معیار SBC (شوارتر)	وضعیت مانایی متغیر	مقدار بحرانی ADF در سطح اطمینان ۹۵٪	آمارهٔ ADF براساس معیار SBC	معیار SBC شوارتز
D log(GDP)	مانا	-۳/۶۷۴	۴/۶۷۸	-۲/۳۹۵				
D log(CPI)	مانا	-۴/۵۳۲	-۴/۹۷۸	-۲/۵۰۴				
D log(M)					مانا	-۳/۰۲۹	-۳/۹۹۱	-۲/۱۰۳
D I					مانا	-۳/۰۸۱	-۴/۱۶۹	-۲/۶۹۹
D log(IM)	مانا	۳/۶۷۴	-۴/۸۴۷	-۰/۴۷۵				
D log(TAX)	مانا	۳/۶۷۳	-۳/۹	-۰/۷۳۸				
D log(XO)	مانا	-۳/۶۹۱	-۴/۷۶۴	-۱/۳۱۹				
D EM	مانا	۳/۶۹۰	-۴/۷۴۹	-۱/۰۹۶				

مأخذ: محاسبات محقق

نتایج جدول ۱ حاکی از آن است که، با توجه به اینکه مقادیر بحرانی بیشتر از آمارهٔ آزمون محاسبه شده است، فرضیهٔ صفر مبنی بر وجود ریشهٔ واحد یا ناایستایی سری مذکور رد می‌شود. پس سری زمانی مورد بحث ایستاست. گفتنی است که متغیرهای TAX, XO, CPI, GDP, IM, EM با درنظرگرفتن عرض از مبدأ، روند و با تفاضل مرتبهٔ اول مانا شده‌اند و متغیرهای M و I با درنظرگرفتن عرض از مبدأ، بدون روند مانا و با تفاضل مرتبهٔ اول مانا شده‌اند. ازاین‌رو، چون تمامی متغیرها از مرتبهٔ یک I(1) انباشته‌اند، اصطلاحاً هم‌انباشته‌اند. در چنین مواردی، رگرسیون روی مقادیر متغیرها معنی‌دار است و رگرسیون ساختگی نیست و ضرایب و آماره‌های محاسبه‌شده برای سری‌های زمانی دارای اعتبار خواهند بود.

در مرحلهٔ بعد، برای بررسی ضرایب مشابه از آزمون والد استفاده کردیم که نتایج نشان‌دهندهٔ نبود ضرایب مشابه است. سپس، برای بررسی آزمون هم‌خطی از ماتریس

هم‌بستگی بین متغیرها استفاده کردیم کـه نتـایج نشـان داد عناصـر قطـر اصـلی دارای مقادیر یک و سایر عناصر اغلب مقادیر کم‌تر از یک را اختیار کرده‌اند که نشان مـی‌دهـد بین متغیرها هم‌بستگی شدید نیست.

پس از این آزمون‌ها در نهایت می‌توانیم به تخمـین مـدل بـا اسـتفاده از متـد SUR بپردازیم که نتیجهٔ آن به شرح ذیل است:

جدول ۲. برآورد متغیرهای مدل

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
C(۱)	-۱۲/۱۴	۱/۴۷	-۱/۱۴	۰/۰۳
C(۲)	۰/۳۷	۰/۱۷	۱/۳۸	۰/۰۲
C(۳)	-۰/۴۹	۲/۳۵	-۰/۲۱	۰/۰۴
C(۴)	۱/۸۹	۱/۹۲	۰/۹۹	۰/۰۳
C(۵)	-۰/۴۸	۰/۱۶	۲/۹۹	۰/۰۰۷
C(۶)	-۰/۱۵	۰/۶۵	-۰/۲۳	۰/۰۲
C(۷)	-۱/۵۶	۰/۹۶	-۱/۶۲	۰/۰۱
C(۸)	۰/۶۳	۰/۵۴	۱/۱۴	۰/۰۳
C(۹)	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۸۹	۰/۰۴
C(۱۰)	-۱/۷۶	۰/۸۸	-۱/۹۹	۰/۰۶
C(۱۱)	-۰/۰۲	۰/۲۱	-۰/۹۸	۰/۰۳
C(۱۲)	۰/۴	۰/۱۹	۲/۰۶	۰/۰۵
C(۱۳)	۰/۴	۰/۱۶	۲/۵۵	۰/۰۲
C(۱۴)	۰/۰۴	۰/۰۱	۳/۲۰	۰/۰۰۴
C(۱۵)	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۹۳	۰/۰۴
C(۱۶)	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۲۹	۰/۷۸
C(۱۷)	-۰/۰۶	۰/۰۴	-۱/۲۴	۰/۲۲
C(۱۸)	۱/۸۰E-۰۵	۱/۴۹E-۰۵	۱/۲۱	۰/۲۳

مأخذ: محاسبات محقق

$$\log(GDP) = -۱۲/۱۴ + ۰/۳۷ \log(GDP(-۱)) - ۰/۴۹\log(CPI(-۱)) + ۱/۸۹ \log(M) - ۰/۴۸I - ۰/۱۵\log(IM) - ۱/۵۶\log(TAX) + ۶۳۰ \log(XO) - ۰/۰۰۰۲EM \quad (۸)$$

$$\bar{R}^{۲} = ۰/۸۶۶ \qquad D\text{-}W = ۱/۲۴۶$$

$$\log(CPI) = -۱/۷۶ - ۰/۰۲ \log(GDP(-۱)) + ۰/۴ \log(CPI(-۱)) + ۰/۴ \log(M) + ۰/۰۴ I + ۰/۰۵ \log(IM) + ۰/۰۲ \log(TAX) - ۰/۰۶ \log(XO) + ۱/۸۰E\text{-}۰۵ EM \quad (۹)$$

$$\bar{R}^{۲} = ۰/۹۹۸ \qquad D\text{-}W = ۱/۲۶۲$$

همان طور که ملاحظه می‌شود، علائم ضرایب منطبق انتظارات تئوریک و دارای توجیه اقتصادی است. متغیرهای به‌کار رفته در الگو نیز عموماً دارای ضرایب معنادارند.

با توجه به اینکه خودهم‌بستگی در الگو منجر به کاهش کارایی تخمین و بی‌اعتباری آزمون‌های آماری می‌شود، لازم است این موضوع نیز به دقت بررسی شود. باید تأکید کرد که وجود متغیرهای باوقفه در معادلات مدل، نتایج آمارهٔ دوربین- واتسون (D-W) را بی‌اعتبار می‌کند. در چنین حالتی، دوربین آمارهٔ دیگری به نام آمارهٔ h ارائه کرده که به صورت زیر تعریف شده است:

$$h=(1-\frac{d}{2})\sqrt{\frac{n}{1-n(var(\beta))}} \qquad (10)$$

که در آن d مقدار آمارهٔ دوربین- واتسون، n تعداد مشاهدات و var(β) واریانس متغیر باوقفه است.

با توجه به اینکه آمارهٔ h برای معادلات الگو به ترتیب برابر با ۲/۵۱۴۵۹ و ۳/۳۰۹۰۶ است و با توجه به مقادیر بحرانی به‌دست‌آمده از جدول:

h_1 = ۲/۵۱۴۵۹ > ۲/۴۶۷

h_2 = ۳/۳۰۹۰۶ > ۲/۴۶۷

بنابراین با توجه به اینکه $h_0 > h$ است، فرضیهٔ صفر مبنی بر خودهم‌بستگی مرتبهٔ اول صفر (نبود خودهم‌بستگی) رد نمی‌شود.

در مرحلهٔ بعدی باید به بررسی هم‌انباشتگی معادلات رفتاری بپردازیم. چنان‌چه جملات اختلال همهٔ معادلات برآوردشده انباشته از مرتبهٔ صفر باشند، بر نبود رگرسیون جعلی دلالت دارد و می‌توان نتیجه گرفت رابطهٔ تعادلی بلندمدتی بین متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی آن برقرار است به گونه‌ای که در الگو مطرح شده است و نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. آزمون مانایی پسماندهای مدل

معادلهٔ رفتاری	آمارهٔ ADF	مقدار بحرانی ADF در سطوح اهمیت آنها		
		٪۱	٪۵	٪۱۰
log(GDP)	-۵/۶۰۵۵۶۹	-۲/۷۲۸۲۵۲	-۱/۹۶۶۲۷۰	-۱/۶۰۵۰۲۶
log(CPI)	-۴/۶۳۶۴۲۱	-۲/۷۰۸۰۹۴	-۱/۹۶۲۸۱۳	-۱/۶۰۶۱۲۹

مأخذ: محاسبات محقق

همچنین، برای بررسی خودهم‌بستگی بین متغیرها از آزمون LM استفاده شده است که نتایج آن به صورت جداگانه برای هر دو معادلهٔ رفتاری با دو وقفه در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است.

جدول ۴. آزمون خودهم‌بستگی معادلهٔ رفتاری ۱

Variable	Std. Error	t-Statistic	Prob
C	۱۶/۶۷	۰/۳۵	۰/۰۴
LOG(GDP(-1))	۰/۶۲	-۰/۰۷	۰/۰۵
LOG(CPI(-1))	۲/۶۷	۰/۴۸	۰/۰۴
LOG(M)	۲/۵۷	-۰/۶۶	۰/۰۲
I	۰/۲۰	-۰/۳۱	۰/۰۶
LOG(IM)	۱/۰۷	۰/۴۶	۰/۰۶
LOG(TAX)	۱/۲۸	۰/۴۷	۰/۰۵
RESID(-1)	۰/۷۱	-۰/۰۲	۰/۰۸
RESID(-2)	۰/۳۸	-۱/۳۳	۰/۰۰۹

مأخذ: محاسبات محقق

F-statistic = ۱/۰۹ Prob. F(۲/۱۱) = ۰/۳۷

Obs*R-squared = ۳/۳۲ Prob. Chi-Square(۲) = ۰/۱۹

جدول ۵. آزمون خودهم‌بستگی معادلهٔ رفتاری ۲

Variable	Std. Error	t-Statistic	Prob
C	۰/۷۷	۰/۰۳	۰/۰۸
LOG(GDP(-۱))	۰/۰۲	-۰/۶۲	۰/۰۵
LOG(CPI(-۱))	۰/۱۷	۱/۳۲	۰/۰۲
LOG(M)	۰/۱۶	-۱/۱۵	۰/۰۷
I	۰/۰۱	۱/۰۳	۰/۰۲
LOG(IM)	۰/۰۷	۱/۵۹	۰/۱۴
LOG(TAX)	۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۰۵
RESID(-۱)	۰/۳۴	-۲/۲۵	۰/۰۴
RESID(-۲)	۰/۳۱	-۲/۸۷	۰/۰۱

مأخذ: محاسبات محقق

F-statistic = ۶/۵۷ Prob. F(۲/۱۱) = ۰/۲۱

Obs*R-squared= ۱۰/۸۸ Prob. Chi-Square (۲) = ۰/۰۵

بررسی جداول ۴ و ۵ نشان می‌دهد که با توجه به آمارهٔ آزمون F هیچ‌گونه خودهم‌بستگی بین پسماندها در هر دو معادلهٔ رفتاری نیست.

۵. حل الگو با استفاده از روش کنترل بهینه

بعد از تعیین تابع هدف و برآورد قید مدل، در مرحلهٔ بعد باید مقادیر اسمی متغیرهای وضعیت و کنترل را، با توجه به جدول اهداف کمّی برنامهٔ چهارم توسعه، و کران متغیرهای وضعیت و کنترل را، با توجه به جداول اهداف کمّی برنامه‌های سوم و پنجم توسعه، مشخص کنیم. مقادیر مذکور در جدول‌های زیر آمده است:

جدول ۶. مقادیر اسمی یا برنامه‌ریزی‌شدهٔ متغیرهای وضعیت و کنترل

سال	متغیرهای وضعیت		متغیرهای هدف					
	متغیرهای درون‌زا		متغیرهای برون‌زای قابل کنترل				متغیرهای برون‌زای غیرقابل کنترل	
	CPI	GDP	M	I	IM	TAX	EM	XO
۱۳۸۳	۱۰۰	۱۰۵۱۰۱۸	–	–	–	–	–	–
۱۳۸۴	۱۰۹/۹	۱۱۲۵۶۳۰	۸۲۳۰۴۰/۶	۱۵	۲۲۲۹۲	۱۱۷۸۳۰/۴	۸۹۷۶	۲۲۶۴۵
۱۳۸۵	۱۲۰/۸	۱۲۰۸۹۳۸	۹۸۷۶۴۸/۸	۱۵	۲۴۳۹۰	۱۵۰۳۹۷/۷	۹۱۶۴	۲۳۲۷۳
۱۳۸۶	۱۳۲/۷	۱۳۰۳۲۳۵	۱۱۸۵۱۷۹	۱۵	۳۶۵۳۷	۱۸۲۵۲۱/۹	۹۳۶۷	۲۳۷۷۴
۱۳۸۷	۱۴۵/۸	۱۴۱۲۷۰۷	۱۴۲۲۲۱۴	۱۵	۳۹۷۸۰	۲۱۸۵۵۸/۷	۹۴۹۳	۲۵۰۵۲
۱۳۸۸	۱۶۰/۲	۱۵۴۴۲۹۰	۱۶۳۳۲۷۹/۸	۱۵	۴۲۳۸۸	۲۶۲۶۳۱/۴	۹۶۵۸	۲۵۲۶۵

مأخذ: جداول اهداف کمی برنامه چهارم توسعه

جدول ۷. بازهٔ متغیرهای وضعیت و کنترل

	متغیرهای وضعیت				متغیرهای قابل کنترل				متغیرهای غیر قابل کنترل	
	CPI	GDP	GDP(-۱)	CPI(-۱)	M	I	IM	TAX	EM	XO
کران پایین	۱۰۰	۱۰۵۱۰۱۸	۱۰۰۴۶۹۸	۹۵/۷	۶۵۶۲۸۰/۳	۱۴	۳۰۷۴۲	۸۸۹۸۸/۲	۶۶۷۹	۲۲۵۵۳
کران بالا	۱۶۸/۵	۱۶۶۷۸۳۳/۲	۱۵۴۴۲۹۰	۱۶۰/۲	۱۸۳۵۸۰۶/۴	۱۷	۶۲۳۷۱/۵	۲۸۴۵۲۷/۹	۱۰۳۳۸	۸۶۰۵۲

مأخذ: جداول اهداف کمی برنامه سوم و پنجم توسعه

ما از رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط به‌منزلهٔ محدودیت مسئلهٔ کنترل و به منظور سیاست‌گذاری استفاده کرده‌ایم؛ از آنجا که محدودیت مسئلهٔ کنترل بهینه ناشی از مدل ساختاری اقتصاد کلان یک مدل پویای دینامیکی خطی با تأخیر مطرح شده است، در حل مسئلهٔ کنترل با حل مجموعه‌ای از معادلات تفاضلی مرتبهٔ اول سروکار داریم. اگر همهٔ معادلات سیستم از نوع خطی باشند، ریشه‌های مشخصهٔ آن مهم‌ترین ویژگی این سیستم را در مقادیر اختیارشده خلاصه می‌کنند؛ در حالتی سیستم مورد نظر خاصیت ثبات و همگرایی خواهد داشت که قدر مطلق مقدار همهٔ ریشه‌های مشخصه کم‌تر از یک باشند. در این سیستم تمامی ریشه‌های مشخصه کم‌تر از یک‌اند که در جدول ۸ آورده شده‌اند.

جدول ۸. مقادیر ریشه‌های مشخصه

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8
مقدار ریشهٔ مشخصه	۰	۰	۰/۴۰۵۲	۰/۶۳۲۱	۰/۴۵۳۴	۰	۰/۸۵۷۲	۰

مأخذ: محاسبات محقق

۶. الگوریتم ژنتیک

تئوری تکامل بیانگر تکامل طبیعی جمعیت‌ها بر اساس اصل انتخاب طبیعی داروین[1]، بقای سازگارترین‌ها[2] و قانون وراثت مندل و انتقال عامل‌های وراثت از والدین به فرزندان است.

الگوریتم ژنتیک بر اساس اصول تکامل طبیعی پایه‌ریزی شده است. این الگوریتم را جان هلند[3] در سال ۱۹۷۵ ارائه کرد. در طبیعت، افرادی که در رقابت برای دستیابی به منابع محدودی مانند غذا و سرپناه پیروز می‌شوند باقی می‌مانند و تولیدمثل می‌کنند. برتری این افراد تا حد زیادی تحت تأثیر ژن‌های[4] آنها قرار دارد. تولیدمثل افراد پیروز موجب تکثیر این ژن‌ها و در نتیجه تولید فرزندان بهتری می‌شود. با انتخاب متوالی بهترین افراد جمعیت و تولیدمثل آنها، کل جمعیت به سوی سازش بیشتر با محیط خود سوق می‌یابد (Goldberg, 1989: 23-27).

1. Darwinian
2. survival of the fittest
3. John Holland
4. genes

الگوریتم ژنتیک هر مسئلهٔ بهینه‌یابی را به شکل مسئله‌ای تکامل می‌نگرد. این الگوریتم‌ها بهترین افراد را از میان اطلاعات تصادفی انتخاب می‌کنند. در هر نسل، گروه جدید افراد با استفاده از بهترین ژن‌های افراد قبلی و بخش جدید تصادفی با انجام‌دادن فرایند تکامل برای رسیدن به جوابی مناسب به وجود می‌آیند.

این الگوریتم با ایجاد مجموعه نقاط جست‌وجوی اولیه‌ای به نام جمعیت اولیه آغاز می‌شود که به طور تصادفی تعیین می‌شوند. الگوریتم‌های ژنتیک برای هدایت عملیات جست‌وجو به طرف نقطهٔ بهینه از تعدادی عملگر استفاده می‌کنند و، در فرایندی که به انتخاب طبیعی وابسته است، جمعیت موجود به تناسب برازندگی[1] افراد آن برای نسل بعد بعد انتخاب می‌شوند. سپس، جمعیت جدید جانشین جمعیت پیشین می‌شود و این چرخه ادامه می‌یابد. مینیمم‌سازی تابع زیان اجتماعی به ترتیب در چهار مرحله انجام می‌شود.

۶. ۱. ایجاد کروموزوم[2]

در الگوریتم ژنتیک در نخستین مرحله جمعیتی از کروموزوم‌ها به تعداد معین تولید می‌شوند. کروموزوم‌ها از کنار هم قراردادن شکل کدشدهٔ پارامترها به وجود می‌آیند و به صورت رشته‌ای از بیت‌ها هستند. این جمعیت اولیه معمولاً به صورت تصادفی ایجاد می‌شود. هر کروموزوم بیانگر نمونه‌ای از فضای جست‌وجو است و فرد نامیده می‌شود. مجموعهٔ این افراد جمعیت یا نسل فعلی نام دارد (دشتی اردکانی، ۱۳۸۵: ۴۲).

هدف ما در مسئلهٔ مورد نظر به‌دست‌آوردن مقدار مینیمم تابع زیان اجتماعی همچنین، مقدار میانگین بهینهٔ متغیرها طی پنج سال (برنامهٔ چهارم توسعه) است. هر یک از متغیرها (c_i) در این پنج سال حکم یک ژن را دارند که در این تحقیق با توجه به تعداد متغیرهای کنترل و وضعیت تعداد ژن‌ها برابر ۱۰ در نظر گرفته شده است؛ این رشتهٔ پنج‌تایی از متغیرها یک کروموزوم را تشکیل می‌دهد.

در گام بعدی بایستی اندازهٔ جمعیت تعیین شود. گفتنی است اندازهٔ جمعیت تأثیر فراوانی در عملکرد و راندمان الگوریتم ژنتیک دارد. در این تحقیق جمعیت اولیه برابر مقدار ۲۰ در نظر گرفته شده است. همچنین، بر اساس آزمون و خطا و تجربه، تعداد نسل ۱۰۰۰۰ را مناسب یافتیم.

---

1. fitness
2. chromosome

۶. ۲. انتخاب والدین[1]

مقدار کدگشایی‌شدهٔ کروموزوم در قلمرو متغیر تصمیم‌گیری امکان تعیین عملکرد یا برازندگی[2] اشخاص عضو جمعیت را فراهم می‌آورد. این عمل با تابع هدف انجام می‌شود که خصوصیات عملکرد شخص را در قلمرو مسئله تعریف می‌کند. در خلال فاز تولیدمثل، به هر شخص، برازندگی بر اساس مقدار خام عملکرد تعیین‌شدهٔ تابع هدف تعلق می‌گیرد. از این مقدار برای سوق‌دادن فرایند انتخاب به سمت اشخاص مناسب‌تر استفاده می‌شود. اشخاص با برازندگی بالا نسبت به کل جمعیت احتمال بیشتری برای انتخاب‌شدن دارند، این مرحله را تکثیر گویند (صادقیه، ۱۳۸۴: ۶۴-۵۹). یکی از روش‌های تکثیر روش چرخ گردان[3] است که گلدبرگ[4] ارائه کرده است.

گلدبرگ روش چرخ گردان را برای تکثیر ارائه داد. در این روش چرخی که سطح آن متناسب با برازندگی هر رشته تقسیم‌بندی شده است در مقابل نشانه‌ای می‌چرخد تا بالاخره متوقف شود و یکی از سطوح در مقابل نشانه قرار گیرد؛ به این ترتیب یک رشته انتخاب می‌شود. اگر برازندگی رشته زیاد باشد، احتمال انتخاب‌شدن آن بیشتر است و برعکس. بنابراین، با تکرار به دفعات مناسب می‌توان رشته‌های لازم برای اعمال عملکردهای ژنتیک را انتخاب کرد. این نوع انتخاب (تکثیر) بر اساس ارزیابی میزان برازندگی یک رشته نسبت به بقیهٔ رشته‌ها و استفاده از عنصر تصادف است.

بنابراین، در این مرحله باید بهترین کروموزوم‌ها برای فرایند جفت‌گیری گزینش شوند. در مسئلهٔ مورد نظر، با توجه به تابع هدف، کروموزومی که دارای کم‌ترین مقدار زیان اجتماعی باشد بهترین کروموزوم است. مقدار مینیمم‌های تابع زیان اجتماعی هر رشته به صورت صعودی، مرتب و بر اساس تابع Rank است که به هر یک رتبه‌ای تعلق می‌گیرد سپس، درصد برازندگی هر کدام مشخص و در چرخ رولت قرار می‌گیرد. در نهایت چرخ شروع به چرخیدن می‌کند و به طور تصادفی متوقف می‌شود. اهرم چرخ در مقابل هر قسمت که قرار گرفت آن کروموزوم والد اول است و در چرخیدن دوباره والد دوم نیز انتخاب می‌شود. این روند ۱۹ بار تکرار می‌شود که همراه با عضو نخبهٔ همان جمعیت اولیه (۲۰ رشته) را تشکیل می‌دهد و به این صورت والدین برای جفت‌گیری انتخاب می‌شوند.

---

1. selection mechanism
2. objective value
3. Roulette
4. Goldberg

۶. ۳. ایجاد فرزند

پس از تعیین مقدار برازندگی اعضای جمعیت، می‌توان آنها را با احتمالی متناظر با برازندگی نسبی‌شان انتخاب و برای تولید نسل بعد ترکیب کرد. به منظور ایجاد فرزندان از عملگرهای تقاطع و جهش استفاده می‌شود. معمولاً نرخ عملگر تقاطع ۰/۸ – ۰/۷ انتخاب می‌شود، که در این تحقیق ۰/۸ است یعنی ۸۰ درصد فرزندان با تقاطع دونقطه‌ای، چندنقطه‌ای یا یکنواخت و مابقی با عملگر جهش ایجاد می‌شوند. در این میان مقدار عملگر جهش برابر با ۰/۰۲ است.

۶. ۴. تعیین مقدار برازندگی

پس از بازترکیب و جهش، در صورت لزوم رشته‌های اشخاص جمعیت کدگشایی می‌شوند، تابع هدف ارزیابی می‌شود، مقدار برازندگی هر شخص تعیین و اشخاص مطابق با مقدار برازندگی برای جفت‌گیری انتخاب می‌شوند و فرایند به همین ترتیب تا تولید نسل بعد ادامه می‌یابد. در این روش، انتظار می‌رود که مقدار میانگین عملکرد اشخاص در جمعیت بعد از هر نسل افزایش یابد و، ضمن اینکه اشخاص خوب حفظ و با یکدیگر ترکیب می‌شوند، اشخاص نامناسب حذف شوند. هر تکرار از الگوریتم یک نسل نامیده می‌شود که شرط توقف الگوریتم نیز بسته به مسئلهٔ مورد نظر معرفی می‌شود. شرط توقف می‌تواند تعداد مشخص تکرار، رسیدن به مقدار معینی از برازندگی، تغییرنکردن جواب پس از چندین نسل متوالی یا خاتمه پس از زمانی مشخص باشد که در نهایت بهترین رشته از آخرین نسل به‌منزلهٔ خروجی در نظر گرفته می‌شود (مؤمنی، ۱۳۸۵: ۲۵۶).

۷. سیاست‌گذاری برای برنامهٔ چهارم توسعه

برای تعیین مقادیر بهینهٔ متغیرهای وضعیت و کنترل در این دوره، نسبت ضرایب اهمیت وزنی مربوط به متغیرها در ماتریس k_t با توجه به تفاوت بین معیارها، اندازه‌ها و تغییرات در متغیرها انجام شده است؛ بدین منظور، به طرح سناریوهای مختلف می‌پردازیم که به این وسیله می‌توانیم میزان درجهٔ اهمیت هر یک از ابزارهای پولی و مالی را با هم مقایسه کنیم.

۸. سناریوسازی

در سناریوی اول فرض می‌شود که همهٔ متغیرهای هدف، یعنی متغیرهای وضعیت و کنترل، اهمیت یکسانی از نظر سیاست‌گذار دارند و هیچ‌گونه تفاوتی بین ابزارهای پولی و مالی نیست. در این حالت باید عناصر قطری ماتریس K برابر یک باشند که نشان‌دهندهٔ اهمیت ضرایب‌اند (شاکری و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۵). در این مقاله ما از روش الگوریتم OPTCON برای تعیین ضرایب استفاده کرده‌ایم. در این روش معمولاً از مقادیر ۱۰۰۰، ۱۰۰ یا ۱۰ به‌منزلهٔ وزن‌های متغیرهای اصلی هدف و از مقادیر ۱ و ۱۰ به‌منزلهٔ وزن‌های متغیرهای فرعی استفاده شده است (Neck & Karbuz, 1995)[۱]. مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۶۱۳۹۴۹۱۲۳۱۵۸۴۶/۹ است. در سناریوی دوم فرض می‌شود که همهٔ متغیرهای وضعیت ضرایب اهمیت یکسان و برابر یک دارند و چون می‌خواهیم به بررسی اهمیت ابزارهای پولی بپردازیم بنابراین، باید ضرایب اهمیت ابزارهای پولی نسبت به ضرایب اهمیت ابزارهای سیاست مالی ۱۰ برابر بزرگ‌تر باشد (جعفری صمیمی و طهرانچیان، ۱۳۸۳:۲۲۳). مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۳۴۶۹۶۴۶۸۹۱۹۵۷۱۶۰ است. در سناریوی سوم فرض می‌شود که همهٔ متغیرهای وضعیت ضرایب اهمیت یکسان و برابر یک دارند. در این سناریو چون می‌خواهیم به بررسی اهمیت ابزارهای مالی بپردازیم باید ضرایب اهمیت ابزارهای مالی نسبت به ضرایب اهمیت ابزارهای سیاست پولی ۱۰ برابر بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۵۲۱۳۹۶۸۰۸۱۵۱۸۲۱۴ است. در دو سناریوی قبلی به مقایسهٔ تأثیرگذاری ابزارهای پولی و مالی پرداختیم. نتایج نشان می‌دهد که ابزارهای پولی از درجهٔ تأثیرگذاری بیشتری برخوردارند. پس از پی‌بردن به اهمیت سیاست پولی، در سناریوی چهارم به مقایسهٔ ابزارهای سیاست پولی می‌پردازیم که ببینیم جهت هدف‌گذاری تورمی کدام‌یک مؤثرتر عمل می‌کند. بنابراین، فرض می‌کنیم که همهٔ متغیرهای حالت ضرایب اهمیت یکسان و برابر یک دارند. در این سناریو چون می‌خواهیم به بررسی اهمیت نقدینگی بپردازیم باید ضریب اهمیت آن برابر ۱۰۰۰ و ضریب اهمیت سایر متغیرهای ابزار پولی برابر ۱۰۰ و ضریب اهمیت متغیر ابزار مالی ۱۰ باشد. مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۳۷۷۸۵۸۳۰۹۶۸۴۱۸۶۰ است. در سناریوی پنجم به بررسی

---

۱. برای اطلاعات بیشتر به مقاله‌ای که دربارهٔ ساختن تابع هدف در منابع مقالهٔ حاضر آورده شده است، مراجعه کنید.

اهمیت نرخ ارز به‌منزلهٔ یکی دیگر از ابزارهای سیاست پولی می‌پردازیم. در این سناریو فرض می‌شود که همهٔ متغیرهای وضعیت ضرایب اهمیت یکسان و برابر یک دارند. در این سناریو چون می‌خواهیم به بررسی اهمیت نرخ ارز بپردازیم باید ضریب اهمیت آن برابر ۱۰۰۰، ضریب اهمیت سایر متغیرهای ابزار پولی برابر ۱۰۰ و ضریب اهمیت متغیر ابزار مالی برابر با ۱۰ باشد. مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۴۶۷۸۲۶۷۹۲۷۶۶۰۷۷۰ است. در سناریوی ششم به بررسی اهمیت نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی به‌منزلهٔ یکی دیگر از ابزارهای سیاست پولی می‌پردازیم. در این سناریو فرض می‌شود که همهٔ متغیرهای وضعیت ضرایب اهمیت یکسان و برابر یک دارند. بنابراین، باید ضریب اهمیت نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی برابر ۱۰۰۰، ضریب اهمیت سایر متغیرهای ابزار پولی برابر ۱۰۰ و ضریب اهمیت متغیر ابزار مالی برابر با ۱۰ باشد. مقدار تابع زیان اجتماعی حاصل از این سناریو برابر با ۴۰۰۶۸۶۴۳۰۹۳۱۹۲۵۴ است.

در نهایت نیز می‌توانیم میانگین مقادیر بهینهٔ متغیرها را طی برنامهٔ چهارم در قالب سناریوهای مختلف محاسبه کنیم. مقادیر به‌دست‌آمده به شرح زیر است:

جدول ۹. میانگین مقادیر بهینهٔ متغیرها طی برنامهٔ چهارم توسعه

متغیرها	CPI	GDP	M	I	IM	TAX	XO	EM
سناریوی اول	۱۶۸/۰۷	۱۶۶۷۶۹۷/۵۴	۱۸۳۵۷۶۲/۷۵	۱۶/۹۸	۶۲۳۷۱/۱۵	۲۸۴۵۲۷/۲۸	۸۶۰۴۵/۱۵	۶۶۹۹/۲۸
سناریوی دوم	۱۶۸/۱۵	۱۶۶۷۶۲۳/۱۷	۱۸۳۵۸۰۵/۶۱	۱۶/۹۹	۶۲۳۶۰/۰۷	۲۸۴۴۵۱/۲۰	۸۵۹۲۱/۰۸	۶۶۸۲/۴۴
سناریوی سوم	۱۶۸/۴۸	۱۶۶۷۸۲۱/۲۰	۱۸۳۵۸۰۵/۹۲	۱۶/۳۱	۶۲۳۶۴/۹۱	۲۸۴۵۰۱/۷۰	۸۶۰۵۱/۸	۶۶۸۴/۱۳
سناریوی چهارم	۱۶۸/۲۱	۱۶۶۷۶۹۰/۰۵	۱۸۳۵۸۰۵/۹۶	۱۶/۹۳	۶۲۳۲۲/۸۹	۲۸۰۰۵/۶۸	۸۶۰۲۹/۶۲	۶۶۸۱/۲۴
سناریوی پنجم	۱۶۸/۰۹	۱۶۶۷۲۴۲/۷۳	۱۸۳۵۸۰۵/۲۶	۱۶/۷۹	۶۲۳۳۶/۳۲	۲۸۱۴۹/۸۷	۸۶۰۴۹/۸۲	۶۶۷۹/۴۹
سناریوی ششم	۱۶۸/۱۳	۱۶۶۷۸۰۸/۲۹	۱۸۳۵۸۰۵/۹۴	۱۶/۷۱	۶۲۳۶۵/۶۸	۲۸۴۳۷۱/۶۱	۸۶۰۴۸/۳۲	۶۶۸۰/۳۹

مأخذ: محاسبات محقق

در نهایت نیز مشخص می‌شود که درجهٔ تأثیرگذاری ابزارهای پولی به ترتیب عبارت است از: نقدینگی، نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی و نرخ ارز.

نتایج نشان می‌دهد که عامل مهم اثرگذار در تورم نرخ رشد حجم نقدینگی است. همان گونه که از اقتصاد ایران مشخص است، یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار در نرخ‌های تورم بالا در دهه‌های اخیر نرخ بالای رشد نقدینگی است. در واقع به دلایلی از جمله رشد درآمدهای نفتی، کسری بودجه و سیاست‌های انبساطی دولت، رشد نقدینگی مازاد بر میزان بهینه خواهیم داشت؛ به طوری که، در سال‌های اخیر هدف اصلی دولت‌مردان برای کنترل تورم سیاست انقباضی پولی و تنوع بیشتر در سپرده‌های بانکی است. بنابراین، با افزایش سهم شبه پول در نقدینگی و با نزدیک‌کردن نرخ سود سپرده‌های بانکی به نرخ تورم و تداوم آن انتظار می‌رود که سهم شبه پول در نقدینگی افزایش و سهم پول کاهش یابد. همچنین، گسترش بانک‌داری الکترونیک نیز در افزایش این متغیر سهم بسزایی دارد. با ازبین‌بردن زمینه‌های فعالیت‌های واسطه‌گری و دلالی می‌توان انتظار داشت که بخشی از نقدینگی سرگردان در این بخش‌ها به سوی بانک‌ها در دریافت سود بانکی سرازیر شود که قطعاً افزایش سهم شبه پول در نقدینگی را به دنبال خواهد داشت.

در رابطه بین نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی و نرخ تورم می‌توان به اثر فیشر اشاره کرد که بر مبنای رفتار عقلایی و اطلاعات کامل عاملان اقتصادی در بلندمدت شکل می‌گیرد و این بدان معناست که تصمیم‌گیری برای پس‌انداز و سرمایه‌گذاری در نزد عاملان اقتصادی متأثر از نرخ بهرهٔ حقیقی است که از نرخ تورم مجزاست و نه نرخ بهرهٔ اسمی. تأیید نظریات پیرامون اثر فیشر، در کنار واقعیاتی که نظام بانکی دولتی ایران با آن روبه‌روست، می‌تواند شاهد خوبی بر وجود رفتار عقلایی در نزد عاملان اقتصادی در ایران باشد. بنابراین، بی‌توجهی به تغییرات نرخ تورم در تعیین دستوری نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی را، که بعضاً حتی در سطحی پایین‌تر از نرخ تورم تعیین می‌شود، می‌توان عامل اصلی مشکلاتی معرفی کرد که نظام بانکی ایران با آنها مواجه است.

دربارهٔ نرخ ارز می‌توان گفت که مهم‌ترین نقطهٔ اتصال اقتصاد داخلی با اقتصاد بین‌الملل است. این نرخ نقش دوگانه‌ای در اقتصاد ایفا می‌کند؛ از یک سو، نوسانات آن می‌تواند با ایجاد و حفظ قدرت رقابت خارجی کشور تراز پرداخت‌های پایداری را موجب شود و از سوی دیگر، اتخاذ نرخ ارز باثبات نیز به نوبهٔ خود سبب تثبیت قیمت‌های

داخلی می‌شود. بنابراین، می‌توان سیاست تثبیت ارزی را جزئی از برنامهٔ مبارزه با تورم برگزید. علت انتخاب این شیوه عمدتاً این است که در این کشورها سرعت گردش پول با نوسانات فراوانی همراه است بنابراین، اقداماتی در خصوص حجم پول بسیار دشوار است.

۹. نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی هدف‌گذاری تورمی متناسب با رشد اقتصادی با استفاده از روش کنترل بهینه پرداختیم. به همین منظور ابتدا متغیرها را به متغیرهای وضعیت، قابل کنترل و غیرقابل کنترل تقسیم کردیم. در مرحلهٔ بعد تابع زیان اجتماعی را به‌منزلهٔ تابع هدف انتخاب کردیم سپس، با استفاده از الگوریتم ژنتیک و تابع GA مقید آن را مینیمم کردیم و برای مقایسهٔ تأثیرگذاری ابزارهای سیاست پولی و مالی به طرح سناریوهای مختلف پرداختیم. نتایج نشان می‌دهد که ابزارهای سیاست پولی در مقایسه با سیاست مالی از تأثیرگذاری بیشتری برخوردارند و در این میان نقدینگی، نرخ سود سپرده‌های بلندمدت بانکی و نرخ ارز به ترتیب از اهمیت برخوردارند.

منابع

۱. اصغرپور، حسین (۱۳۸۶). اثرات نامتقارن شوک‌های پولی بر تولید و قیمت در ایران. پایان‌نامهٔ دکتری دانشگاه تربیت مدرس. ۵۳-۵۱

۲. باتلر، ایمون. (۱۳۷۷). اندیشه‌های اقتصادی میلتون فریدمن (ترجمهٔ فریدون تفضلی). تهران: نشر نی. ۲۰۳.

۳. جعفری صمیمی، احمد و طهرانچیان، امیر منصور (۱۳۸۳). بررسی اثرات سیاست‌های پولی و مالی بهینه بر شاخص‌های عمدهٔ اقتصاد کلان در ایران: کاربردی از نظریهٔ کنترل بهینه. تحقیقات اقتصادی. ۶۵(۲)، ۲۲۳.

۴. خلیلی عراقی، منصور، شکوری، حامد و زنگنه، محمد (۱۳۸۸). تعیین قاعدهٔ بهینهٔ سیاست پولی در اقتصاد ایران با استفاده از تئوری کنترل بهینه. تحقیقات اقتصادی. ۴۴(۳)، ۸۹-۸۸.

۵. دشتی اردکانی، محسن، (۱۳۸۵). حل مسئلهٔ معکوس در شناسایی ناهمگنی درون مواد با استفاده از تلفیق روش آلمان مرزی با الگوریتم ژنتیک. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشکدهٔ مکانیک دانشگاه یزد. ۴۲.

۶. شاکری، عباس و محمدی، تیمور و موسالو، یوشع (۱۳۸۶). سیاست‌گذاری اقتصادی برنامه‌های توسعه در چارچوب یک الگوی کنترل بهینه. پژوهش‌نامهٔ اقتصادی. ۷(۱)، ۲۰-۱۹.
۷. صادقیه، احمد. (۱۳۸۴). تصمیم‌گیری بر اساس الگوریتم ژنتیک. یزد: انتشارات علم نوین. ۶۴-۵۹.
۸. ضیایی بیگدلی، محمدتقی و مقصودی، نصرالله (۱۳۸۵). بررسی اثرات تورم بر کسری بودجه از لحاظ درآمد و مخارج دولت در اقتصاد ایران. پژوهش‌نامهٔ اقتصادی. ۱۸(۳)، ۸۴-۸۳.
۹. عسلی، مهدی. (۱۳۸۵). کنترل تعهدات خارجی در جریان رشد اقتصادی کاربردی از نظریهٔ کنترل بهینه در یک مدل اقتصاد کلان. ۷(۳)، ۱۸.
۱۰. مؤمنی، منصور. (۱۳۸۵). مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: انتشارات دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران. ۲۵۶.
۱۱. مهرآرا، محسن و بیات، سعید (۱۳۸۹). اثرات غیرخطی درآمدهای نفتی بر تورم کشورهای عضو اوپک با استفاده از روش حد آستانه. نامهٔ مفید. ۲۱(۲)، ۱۰۷.
12. Bernanke, B. S., Laubach, T., Mishkin, F. S., & Posen, A. S. (1999). Inflation Targeting: Lessons from the International Experience. Princeton: Princeton University Press. 73.
13. Corbo, V., Landerretch, O., & Schmidt-Hebbel, K. (2001). Assessing inflation targeting after a decade of world experience. International Journal of Finance and Economics. 6(4), 343-368.
14. Debelle, G. (2001). The Case for Inflation Targeting in East Asian Countries. paper prepared for the Reserve Bank of Australia Conference on Future Directions in Monetary Policy in Ease Asia (July). 18-21
15. Goldberg, .D.E. (1998). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley. Reading. 23-27.
16. Gregory Chow, .C. (1973). Problems of Economic Policy from the View Point of Optimal Control. American economic review. 63(5), 5.
17. Jafari Samimi, A,Yousefi, S., & Tehranchian, A. M. (2006). An Application of Optimal Control Theory in Economics: Optimal Fiscal and Monetary Policy in Iran. Applied mathematics and computation 172(1), 198-200.
18. Jonas, J., & Mishkin, F. S. (2003). Inflation targeting in transition countries: Experince and prospects. NBER Working Paper Series, NO.9667. National Burreau of Economic Research (NBER). 3-7.
19. Kendrick, D. A. (2002). Control for Economic Models: Past Present and Paths Ahead. Texas: Austin. 50.
20. King, R., & Plosser, C. (1985). Money, deficits, and inflation. Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy 22, 147-196.

21. Loungani, P., & Swagel, P. (2001). Sources of Inflation in Developing Contries. International Monetary Fund. Washington IMF working paper 01/198, 7-12.
22. Neck, R, & Sohbet, K. (1995). Towards Constructing an Objective Function for Austrian Fiscal Policy- Making: an Optimum Control Approach. Proceedings of the Third International Conference on Econometric Decision Model, University of Hagen. Springer. 228-252.
23. Rodringuez, C. A. (1978). A stylized model of devaluation inflation spiral. IMF staff paper. 76-89.
24. Solomon, M. (2004). The Effect of a Budget Deficit on Inflation: The Case of Tanzania. Sajems. 1(1), 100-116.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی