

کنترل بهینه‌ی سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی با اتکا به ابزارهای پولی و مالی در چارچوب اهداف برنامه‌ی چهارم توسعه

سید مهدی ناصری

عضو هیأت علمی مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی mnasseri2000@yahoo.com

سید علی ناصری

کارشناس ارشد مرکز آمار ایران salinaseri@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۷

چکیده

معمولاً در برنامه‌های میان مدت اقتصادی، اهدافی را به صورت کمی برای متغیرهای اقتصادی در نظر می‌گیرند. تلاش دولت‌ها نیز معطوف به محقق کردن این اهداف است، لیکن ممکن است در عمل، به دلیل مشکلاتی که در ساختار اقتصاد وجود دارد، محدودیت‌هایی بر تحقق اهداف ایجاد شود و یا ابزارها، نقشی را که از آنها انتظار می‌رود ایفا نکنند. بدیهی است در چنین شرایطی، تحقق اهداف برنامه مقدور نمی‌گردد.

در این مقاله سعی کرده‌ایم در قالب مدل ساده‌ای از روابط حاکم بین مصرف و سرمایه‌گذاری، بهترین استفاده از ابزارها در جهت حداکثر نزدیک شدن به اهداف را تعیین کنیم. بدین منظور ابتدا روابط مربوط به مصرف و سرمایه‌گذاری با استفاده از تکنیک اقتصادسنجی برآورد شده‌اند و در گام بعدی، با استفاده از "نظریه‌ی کنترل بهینه"، مسیر بهینه برای متغیرهای هدف و ابزار در قالب سناریوهای مختلف به دست آمده است. در این ارتباط، دو هدف در مدل در نظر گرفته شده است که عبارتند از مصرف خصوصی و سرمایه‌گذاری خصوصی. هم‌چنین از نقدینگی و مخارج دولت نیز به عنوان نمایندگان سیاست‌های پولی و مالی به عنوان متغیرهای ابزار استفاده شده است. نتایج تحقیق حاکی از آن است که به دلیل وجود پدیده اثر جبرانی بین مخارج دولتی و سرمایه‌گذاری دولتی، عملاً چنان‌چه بخواهیم به هدف سرمایه‌گذاری خصوصی دست یابیم، نمی‌توان از طریق ابزار مخارج دولتی اقدام کرد و وزن سیاستی بر دوش ابزار پولی خواهد بود. چنان‌چه اتکا بر استفاده از ابزار پولی قرار گیرد، مسیر بهینه مصرف خصوصی به سطحی بالاتر از مسیر اسمی می‌رسد که نشان از تورم‌زا بودن این سیاست است، لیکن به دلیل آن که تورم در این مدل وارد نشده است، قضاوت قطعی در مورد آن موکول به ساختن مدل جدیدی است که تورم را نیز لحاظ کرده باشد.

طبقه‌بندی JEL: D13, J22

کلید واژه: نظریه کنترل بهینه، اثر جبرانی، مصرف خصوصی، سرمایه‌گذاری خصوصی، اصل حداقل

۱- مقدمه

ارتباط میان هزینه‌های مصرفی و سرمایه‌گذاری، از جهات مختلفی حائز اهمیت بسیاری در اقتصاد است. روند تغییرات هر یک از متغیرهای یادشده می‌تواند تأثیرات متفاوتی را بر مسیر رشد یک اقتصاد برجا بگذارد. گذشته از آن، چنان‌چه طرف‌های دولتی و خصوصی را نیز در این ارتباط از هم جدا کنیم، از نحوه‌ی تعامل این دو متغیر و این دو طرف، اثری که در ادبیات اقتصادی موسوم به «اثر جبرانی»^۱ می‌باشد، ظاهر می‌شود. از سوی دیگر، مطابق جداول پیوست برنامه‌ی چهارم، پیش‌بینی‌هایی برای هر یک از متغیرهای کلان اقتصادی در نظر گرفته شده است، که چنان‌چه انحراف از برنامه در هر یک از متغیرها زیاد باشد، عملاً تحقق اهداف برنامه میسر نخواهد بود.

در چنین شرایطی این پرسش پیش می‌آید که آیا در چارچوب اقتصادی حاضر و با مدنظر داشتن روابط حاکم میان متغیرهای اقتصادی، آیا اساساً نیل به اهداف مذکور میسر است یا خیر؟ و کدامیک از ابزارهای در اختیار دولت از کارایی بالاتری برای محقق کردن اهداف برخوردارند؟ بر این اساس، در این مطالعه به دنبال آزمودن این فرضیه هستیم که آیا می‌توان با مقادیر پیش‌بینی شده برای حجم پول و هزینه‌های دولت، به اهداف در نظر گرفته شده در برنامه‌ی چهارم در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی دست یافت یا خیر.

هدف از انجام این مطالعه آن است که با توجه به ساختار روابط حاکم بر مصرف و سرمایه‌گذاری خصوصی، استفاده از ابزارهای سیاستی توسط دولت چنان پیشنهاد شوند که در نهایت انحراف از اهداف در نظر گرفته شده در برنامه‌ی کمیینه شود. هدف جانبی این مطالعه را می‌توان مقایسه‌ی کارایی نسبی سیاست‌های پولی و مالی در رسیدن به اهداف پیش‌بینی شده در زمینه‌ی مصرف و سرمایه‌گذاری خصوصی دانست.

از این‌رو، در این مطالعه تلاش می‌شود، با تکیه بر توانمندی‌ها و قابلیت‌های «نظریه‌ی کنترل بهینه»^۲، سیستم اقتصادی با در اختیار داشتن متغیرهای سیاستی (کنترلی)، در مسیر برنامه حفظ کند و انحرافات را به حداقل برساند. برای نیل به این مقصود یک مدل ساده‌ی اقتصادی متشکل از متغیرهای یاد شده را محور قرار داده و پس از تخمین مدل و به‌دست آوردن پارامترها، از طریق روش کنترل بهینه، برای به‌دست آوردن جواب‌های بهینه‌ی مسیر متغیرهای هدف و سیاستی اقدام کرده‌ایم.

1- Crowding Out Effect.
2- Optimal Control Theory.

سامان‌دهی مطالب مقاله در بخش‌های بعدی به صورت زیر است: در بخش دوم، با توجه به این‌که استخراج مسیره‌های بهینه در قالب کنترل بهینه انجام می‌گیرد، به‌طور خلاصه مروری بر این نظریه خواهیم داشت و در بخش سوم برای تعیین دقیق چارچوب کار، به نوع مسأله‌ی کنترل بهینه‌ای که در این مطالعه از آن استفاده می‌کنیم خواهیم پرداخت. بخش چهارم، به مرور مطالعات خارجی و ایرانی انجام شده با استفاده از روش کنترل بهینه اختصاص یافته است. معرفی مدل و اشاره به زیربنای نظری آن موضوع بخش پنجم مقاله است و در بخش ششم، به برآورد پارامترهای مدل و ارزیابی نتایج آزمون‌های مربوطه پرداخته‌ایم. حل مدل و محاسبه‌ی مسیره‌های بهینه‌ی متغیرهای هدف و متغیرهای سیاستی و اشاره‌ی گذرا به روش حل مدل به انضمام محاسبه‌ی مسیره‌های بهینه در سناریوهای مختلف اهمیت دهی به اهداف یا ابزارها، موضوعات مورد بررسی در بخش هفتم مقاله را تشکیل می‌دهند. بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲- نظریه‌ی کنترل بهینه

نظریه‌ی کنترل بهینه از جمله ابزارهایی است که امروزه در حوزه‌ی برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری اقتصادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که نوع روابط در چارچوب نظریه‌ی کنترل، روابط دینامیکی است و از سوی دیگر امکان احتمالی در نظر گرفتن معادلات در آن وجود دارد، مدل‌های برآمده از آن می‌تواند سنخیت بیشتری با مسائل دنیای واقعی داشته باشد. از این رو، نظریه‌ی کنترل بهینه از زمان طرح آن در دهه‌ی ۱۹۶۰^۱ و ورود آن به عرصه‌ی اقتصاد در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی شاهد اقبال روزافزون بوده است.

یک مدل کنترل بهینه اساساً از اجزاء زیر تشکیل می‌شود:

- (۱) مجموعه‌ای از معادلات دیفرانسیل و یا معادلات تفاضلی که سیستم دینامیکی موضوع کنترل را نشان می‌دهند.
- (۲) مجموعه‌ای از محدودیت‌های مرتبط با متغیرهای سیستم
- (۳) مجموعه‌ای از شرایط کرانه‌ای^۲ مرتبط با متغیرها

۱- مطالعات برای بسط نظریه‌ی حساب تغییرات در شوروی، منجر به ارائه‌ی "اصل حداکثر پونتریاگین" شد و به فاصله‌ی اندکی در آمریکا به معرفی "اصل بهینگی بلمن" انجامید.

2- Boundary Conditions.

۴) یک تابعی هزینه/هدف و یا به عبارتی معیار سنجش عملکرد که باید بیشینه یا کمینه شود.

در مدل‌های کنترل بهینه، متغیرها به دو یا سه دسته تقسیم می‌شوند؛ متغیرهای حالت (سطح) ^۱ یا هدف و متغیرهای کنترل یا سیاستی ^۲. هم‌چنین ممکن است متغیرهای برون‌زایی هم در مدل حضور داشته باشند. در این مدل‌ها، متغیرهای حالت، وضعیت سیستم اقتصادی را در هر لحظه از زمان توصیف می‌کنند و متغیرهای کنترل یا متغیرهای سیاستی نیز به عنوان گزینه‌های سیاستی در اختیار سیاست‌گذار می‌توانند ایفای نقش کنند.

در مدل‌های اقتصادی کنترل بهینه، سیستم دینامیکی عبارت است از یک مدل اقتصادسنجی. ممکن است برخی محدودیت‌ها هم در این مدل فرض شوند. مثلاً ممکن است محدودیت‌هایی را در مورد دامنه‌ی نوسان نرخ بهره در اقتصاد مد نظر داشته باشیم که می‌توانیم این محدودیت‌ها را در مدل اعمال کنیم. شرایط کرانه‌ای نیز بیان‌کننده‌ی شرایط ابتدایی ^۳ - سال پایه برنامه - و شرایط پایانی ^۴ برای سال پایان برنامه ^۵ - سال افق - است.

در روش کنترل بهینه، برخلاف حساب تغییرات، هدف، تعیین مسیر بهینه برای متغیر کنترل (ابزار سیاستی) است. وقتی که مسیر بهینه‌ی متغیر کنترل مشخص شد، مسیر بهینه‌ی متناظر متغیر حالت نیز به دست می‌آید.

۳- مدل کنترل بهینه‌ی انتخابی

مدل کنترل بهینه‌ای که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است از نوع مسأله‌ی کنترل خطی درجه‌ی دوم ردیابی ^۶ می‌باشد. در این مدل، سیستم اقتصادی به شکل زیر بیان می‌شود:

$$X_{i+1} - X_i = AX_i + BU_i + CZ_i \quad (1)$$

که در آن، شرایط اولیه‌ی $X_0 = \xi$ برقرار است و X_i بردار n بعدی از متغیرهای حالت در زمان i ، U_i بردار r بعدی متغیرهای کنترل در زمان i و Z_i نیز یک بردار s

1- State Variables .

2- Control/Policy Variables.

3- Initial Conditions.

4- Transversality Conditions .

۵- توجه به این نکته لازم است که چون مدل‌های کنترل بهینه از نوع مدل‌های دینامیک هستند، قید شرایط اولیه در آن‌ها

لازم است، لیکن شرایط پایانی مربوط به نوع مسأله‌ی کنترل است. در این ارتباط بنگرید به: چیانگ (۱۹۹۲).

6- Quadratic Linear Tracking Problem.

بعدی از متغیرهای برونزا در زمان i است. مقادیر متغیرهای برونزا در هر دوره‌ی زمانی برای سیاست‌گذار معلوم است، لیکن وی امکان کنترل آن‌ها را در اختیار ندارد. B, A و C نیز ماتریس‌های ثابت در دوره‌های مختلف زمانی هستند. مقادیر عناصر این ماتریس از تخمین مدل اقتصادسنجی به دست می‌آیند.

حال، چنانچه فرض کنیم \hat{X}_i و \hat{U}_i مقادیر اسمی^۳ (و یا موردنظر برنامه‌ریزی) بردارهای حالت و کنترل باشند، بدیهی است هدف ما رسیدن به این مقادیر است، بنابراین در هر دوره‌ی زمانی مانند i هدف ما آن است که X_i (بردار متغیرهای حالت محقق شده) تا حد امکان به \hat{X}_i و U_i نیز تا حد امکان به \hat{U}_i نزدیک شود. باتوجه به این که کاربرد حاضر از نظریه‌ی کنترل بهینه در چارچوب برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری اقتصادی تعریف شده است، می‌توان فرض کرد که مقادیر بردارهای \hat{X}_i و \hat{U}_i برای همه‌ی سال‌های برنامه‌ریزی، $i = 0, \dots, N$ ، معلوم است.^۴ در چارچوب مدل کنترلی از نوع نوع ردیابی، تابع هدف و یا تابع هزینه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ (X_i - \hat{X}_i)' Q (X_i - \hat{X}_i) + (U_i - \hat{U}_i)' R (U_i - \hat{U}_i) \right\} \quad (2)$$

که در آن Q یک ماتریس شبه معین مثبت $n \times n$ و R نیز یک ماتریس مثبت معین $r \times r$ است (پیندیک (۱۹۷۵) و کندریک (۲۰۰۲)). در تابع هدف درجه‌ی دوم، سیاست‌گذار اقتصادی مایل است مجذور انحراف مقادیر متغیرهای سطح یا هدف و نیز مجذور انحراف متغیرهای کنترل یا سیاست‌گذاری از مقادیر برنامه‌ریزی شده برای آن‌ها را بر اساس اولویت‌هایی که برای اهداف خود قائل است، به حداقل برساند.

هدف در این مسأله آن است که بتوان دنباله‌ای از متغیرهای کنترل $\{U_i^*, i = 0, 1, \dots, N-1\}$ را یافت به گونه‌ای که:

۱- متغیرهای برونزا، اغلب بنا بر نوع مدل‌سازی برونزا تعریف شده‌اند. ممکن است همین متغیرها در مدل‌های دیگر، درونزا در نظر گرفته شوند. در این جا به دلیل آن که معادله‌ی رفتاری برای آن‌ها در نظر گرفته نشده است، برونزا به شمار می‌آیند.

۲- ماتریس A یک ماتریس $n \times n$ ، ماتریس B یک ماتریس $n \times r$ ، ماتریس C نیز ماتریسی $n \times s$ است.

3- Nominal Trajectory.

۴- این مقادیر معمولاً در قالب برنامه‌های میان مدت (برنامه‌های توسعه) و برنامه‌های کوتاه‌مدت (بودجه)، به صورت جداول کمی برنامه اعلام می‌شود. این مقادیر می‌تواند حاکی از اهداف سیاست‌گذاران در نظر گرفته شود.

۵- تابع هزینه برای این دسته از مسأله‌های کنترل، به اشکال نسبتاً متفاوت‌تری هم ارائه شده است که در نهایت این اشکال قابل تبدیل به هم هستند. در رابطه با نحوه‌ی تبدیل این توابع به هم، به کندریک (۲۰۰۲) مراجعه شود.

6- Pindyck, R. S. (1975), pp: 27-28

7- Kendrick, D. A. (2002), pp: 5-6.

$$X_0^* = \xi \quad (3)$$

$$X_{i+1}^* - X_i^* = AX_i^* + BU_i^* + CZ_i$$

و تابع هزینه‌ی (۲) را کمینه کند.

در رابطه با تابع هزینه و ماتریس‌های Q و R، لازم به یادآوری است که این دو ماتریس عموماً ماتریس‌های قطری هستند و عناصر ماتریس Q در حقیقت هزینه‌های نسبی انحراف از مقادیر اسمی (برنامه‌ریزی‌شده) هر یک از متغیرهای حالت را بیان می‌کند. برخی از عناصر ماتریس Q می‌توانند صفر باشند. عناصر ماتریس R نیز هزینه‌های نسبی انحراف از مسیر اسمی (برنامه‌ریزی‌شده) متغیرهای کنترل را بیان می‌کند. به عبارت دیگر عناصر این دو ماتریس، وزن و اهمیت نسبی هر یک از اهداف و سیاست‌ها را از منظر سیاست‌گذار بیان می‌کنند. در ارتباط با ماتریس R، لازم به ذکر است که، به دلیل آن که در مراحل حل مدل لازم است از R معکوس گرفته شود، از این رو، همه‌ی عناصر این ماتریس باید مثبت و غیرصفر باشند (پیندیک (۱۹۷۵)).

نکته‌ی مهمی که در مسائل کنترل لازم است به آن توجه ویژه‌ای شود، آن است که مشخص شود شروط تئوریک که صحت جواب‌های مدل پس از حل مدل، ماکول به تأمین آن شروط است، نقض نشده باشد. در مثال‌هایی که در این مقاله مطرح شده است، ملاحظه می‌شود که سیستم اقتصادی، $f(X_i, U_i, i)$ ، یک تابع خطی است و تابع هزینه $L(X_i, U_i, i)$ نیز فرم درجه‌ی دوم می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دو شرط مشتق‌پذیری و تحذب تأمین شده‌اند. به علاوه، خطی بودن f و درجه‌ی دوم بودن L با استناد به قضیه کان-تاگر (پیندیک (۱۹۷۵))^۲، به معنی آن است که چنانچه به یک جواب کرانه‌ای^۳ دست یابیم که شرط لازم را تأمین کند، در حقیقت جواب بهینه را به دست آورده‌ایم و جواب بهینه‌ی به دست آمده منحصر به فرد و کلی بوده و به یافتن جواب بهینه‌ی کلی^۴ در مقایسه با بهینه‌های موضعی^۵ نیازی نیست (پیندیک (۱۹۷۵)).

1- Pindyck, R. S. (1975), p. 28.

2- Ibid, pp. 15-22.

3- External Solution.

4- Global Solution.

5- Local Solution.

۴- مروری بر مطالعات انجام شده

نظریه‌ی کنترل بهینه، از زمان طرح آن توسط پونتریاگین^۱ (۱۹۶۲)، چارچوب مناسبی برای تحلیل‌های اقتصادی و تصمیم‌سازی در حوزه‌ی اقتصاد ارایه داده است. از زمان طرح این نظریه تنها ۱۰ سال طول کشید تا اقتصاددانانی چون شل^۲ (۱۹۶۹)، آرو و کورز^۳ (۱۹۷۰)، آن را در حوزه‌ی دانش اقتصاد به کار گیرند. اکنون کاربردهای آن در حوزه‌های اقتصاد بنگاه، اقتصاد مالی، سرمایه‌گذاری، کلان و خرد، اقتصاد نفت و منابع، مشهود است. بنسوزان^۴ (۱۹۸۵)، نظریه‌ی کنترل بهینه را در زمینه‌ی قیمت‌گذاری اختیارات^۵، در حوزه‌ی سرمایه‌گذاری و اقتصاد مالی به کار برده است. استاپلر^۶، با استفاده از استفاده از یک مدل کنترل خطی، به بررسی انتقال و استفاده از تکنولوژی‌های جدید در بنگاه‌ها پرداخته است و مایکل^۷ نیز از مدل‌سازی نظریه‌ی کنترل بهینه برای تجزیه و تحلیل عدم تعادل استفاده کرده است. بوهل^۸، در مطالعه‌ی خود، با استفاده از این نظریه به بررسی جنبه‌های زیست‌محیطی رشد بهینه‌ی اقتصادی پرداخته است. فوستر^۹ (۱۹۷۷) در چارچوب یک مدل تک متغیره‌ی حالت، مبادله‌ی بین مصرف و آلودگی را بررسی کرده است. پیچفورد^{۱۰}، مدل‌های دو متغیره‌ی کنترل را در مقاله‌ی خود، موضوع بررسی قرار داده و پرستون^{۱۱} نیز بر مسأله‌ی وجود، یکتایی و باثباتی سیاست‌های تثبیتی کنترل خطی متمرکز شده است. تصادفی بودن ضرایب در مدل خطی نیز موضوعی است که ترنوفسکی^{۱۲} به آن پرداخته است. در مطالعه‌ی دیگری، کاپوتو و استروم^{۱۳} (۱۹۹۶)، با بسط یک مدل کنترل بهینه به استخراج استراتژی‌های بهینه‌ی کوتاه‌مدت و بلندمدت دولت در مواجهه با شرایط متغیر و در حال تحول بازار پرداختند. بنا بر نتایج مطالعه آنان، استراتژی‌های بهینه‌ی کوتاه‌مدت لزوماً با استراتژی بهینه‌ی بلندمدت یکسان نیستند. آرن‌هایمر و لوزادا^{۱۴} (۱۹۹۰)، به بررسی شوک‌های

1- Pontryagin (1962).

2- Shell (1969).

3- Arrow and Kurz (1970).

4- Bensoussan (1985).

5- Options.

6- Feichtinger (eds.) (1985).

7- Ibid.

8- Ibid.

9- Ibid.

10- Ibid.

11- Ibid.

12- Ibid.

13- Caputo and Ostrom (1996).

14- Auernheimer and Lozada (1990).

پیش‌بینی شده در مدل‌های کنترل بهینه پرداختند و بدین طریق انتظارات عقلایی را وارد این مدل‌ها کردند. از مهم‌ترین مطالعاتی که با استفاده از مدل‌های کنترل بهینه در حوزه‌ی برنامه‌ریزی اقتصادی انجام شده‌اند، می‌توان به پیندیک^۱ (۱۹۷۳) و رائو^۲ (۱۹۸۷)، اشاره کرد. در حوزه‌ی مطالعات مربوط به اقتصاد ایران می‌توان از احمدیان^۳ (۱۳۷۸) نام برد که به کاربرد نظریه در استخراج نفت و به دست آوردن مسیر بهینه‌ی زمانی استخراج نفت پرداخته است. هم‌چنین عسلی^۴ (۱۳۷۵)، با استفاده از یک مدل دو دو متغیره، سیاست‌های بهینه‌ی دولت برای کنترل بدهی‌های خارجی را هم‌زمان با رسیدن به اهداف رشد، به دست آورده است. ناصری^۵ (۱۳۸۰)، از یک مدل کنترل بهینه بهینه برای کنترل نابرابری توزیع درآمدها در مقابل تورم طی سال‌های برنامه‌ی سوم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ایران استفاده کرده است.

۵- مدل

به منظور انجام تحلیل‌های سیاستی که در این مقاله در پی آن هستیم، مدل ساده‌ای را مدنظر قرار داده‌ایم. این مدل فقط دو متغیر وابسته‌ی مصرف و سرمایه‌گذاری را شامل می‌شود. این دو متغیر، در ادبیات نظریه‌ی کنترل بهینه، متغیرهای حالت یا هدف، نیز تلقی می‌شوند. باتوجه به نوع مدلی که برای کنترل و تابع هدف استفاده خواهد شد، هدف تثبیت متغیرهای یادشده و جلوگیری از انحراف آن‌ها از مقادیر برنامه‌ریزی شده برای آن‌هاست. برای رسیدن به این مقصود، دو متغیر کنترلی/سیاستی نیز به عنوان ابزار جهت نیل به اهداف برنامه‌ریزی در نظر گرفته شده‌اند. متغیرهای کنترلی/سیاستی مدل عبارتند از مخارج دولتی و عرضه‌ی پول. این دو متغیر نماینده‌ی سیاست‌های مالی و پولی نیز می‌توانند در نظر گرفته شوند. فرض بر این است که مقامات پولی و مالی کشور قادرند در کوتاه‌مدت مخارج دولتی و عرضه‌ی پول را کنترل کنند و رشد قیمت‌ها چنان سریع نیست که سیاست‌های دولت را در زمینه‌های مالی و پولی بی‌اعتبار کند.

در این مدل^۶، مصرف به صورت تابعی خطی از GNP در نظر گرفته شده و تعدیل دوره‌ای مصرف تابع ضریب تعدیل جزئی به صورت ذیل است:

1- Pindyck (1973).
2- Rao (1987).
3- Ahmadian (1378).
4- Assali (1375).
5- Nasserri (1380).

۶- مدل به کار رفته در این مدل، مبتنی بر مدل (۱۹۷۴) Abel می‌باشد.

$$C_t = aC_{t-1} + bI_t + cE_t + d$$

که در آن:

$$C_{t-1} = \text{مصرف در دوره ی قبل (متغیر تأخیری)}$$

$$I_t = \text{سرمایه گذاری در دوره ی } t$$

$$E_t = \text{مخارج دولتی در دوره ی } t$$

معادله ی ساختاری مربوط به سرمایه گذاری نیز مبنی بر یک اصلاح در شتاب مصرف خصوصی ساموئلسون^۱ است. بدین منظور فرض شده است که سطح مطلوب موجودی سرمایه، تابعی خطی از مصرف است ($k_t = eC_t$) و تعدیلات اتفاق افتاده در موجودی سرمایه نیز براساس یک ضریب تعدیل جزئی انجام گرفته است. باتوجه به این که سرمایه گذاری ناخالص، I_t ، طبق تعریف عبارت است از:

$$I_t = k_t - (1 - D)k_{t-1}$$

که در آن D نرخ استهلاک موجودی سرمایه می باشد، داریم:

$$I_t = eC_t - (1 - D)eC_{t-1} + fI_{t-1} + g$$

به علاوه، فرض شده است که سطح سرمایه گذاری ناخالص به طور خطی با عرضه ی پول مرتبط است. بنابراین^۲:

$$I_t = e'C_t - (1 - D)e'C_{t-1} + f'I_{t-1} + hM_t + g'$$

در نتیجه، مدلی که برای تخمین، در شکل حل شده ی آن، مورد استفاده قرار گرفته مدلی دارای دو معادله است.

در هر یک از معادلات، علاوه بر متغیرهای معرفی شده، متغیرهای برون زای دیگری نیز اضافه شده اند که در مجموع قدرت توضیح دهندگی مدل را بهبود بخشیده اند. بنابراین، مدلی که مبنا قرار گرفته، به صورت ذیل است^۳:

$$pcons_t = \alpha_1 + \alpha_2 pcons_{t-1} + \alpha_3 pinv_{t-1} + \alpha_4 GE_t \quad (4)$$

$$+ \alpha_5 .M_t + \alpha_6 GDP_t$$

$$pinv_t = \beta_1 + \beta_2 pcons_{t-1} + \beta_3 pinv_{t-1} + \beta_4 GE_t + \beta_5 .M_t + \beta_6 .GDP_t$$

که در آن،

$Pcons$ = مصرف خصوصی به قیمت ثابت

$Pinv$ = تشکیل سرمایه ی ثابت ناخالص خصوصی به قیمت ثابت

1- Samuelson's Private Consumption Accelerator.

2- Abel, A. B. , (1974) , pp. 2-4.

۳- در گنجاندن متغیرهای برون زای، گزینه های متعددی مورد آزمون قرار گرفته است، لیکن به دلیل آن که ویژگی های آماری متغیر GDP نسبت به دیگر متغیرها مناسب تر بود، این متغیر انتخاب شد.

M = نقدینگی (شامل پول و شبه پول)
GE = مخارج دولتی (شامل جاری و عمرانی) به قیمت ثابت
GDP = تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت

۶- داده‌های آماری و تخمین مدل

داده‌های مورد استفاده برای تخمین مدل، از منابع و گزارشات بانک مرکزی استخراج شده است. با توجه به این که داده‌ها براساس قیمت ثابت است، سال پایه‌ی موردنظر در این مطالعه، سال ۱۳۷۶ بوده است. با توجه به این که هدف این مطالعه، به دست آوردن مسیر بهینه‌ی اهداف و ابزارها در زمینه‌ی مصرف و سرمایه‌گذاری خصوصی می‌باشد، در ابتدا به برآورد ضرایب ساختاری مربوط به متغیرهای یادشده نیاز است. از این رو، در قالب مدل ارایه شده، به برآورد ساختار اقتصادی ناظر بر این دو متغیر در دوره‌ی پس از اتمام جنگ که برنامه‌های توسعه‌ی پنج ساله به اجرا درآمده‌اند، اقدام شد. در دوره‌ی پس از جنگ دوره‌ی ثبات اقتصادی بوده و اقتصاد ایران در این دوره، برخلاف دوره‌ی جنگ بر اساس برنامه‌های پنج ساله هدایت شده است. به این دلیل دوره‌ی زمانی ۱۳۶۸-۱۳۸۳^۱ مبنا قرار گرفت.

به منظور تخمین مدل^۲ نیز از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) استفاده شد. با توجه به نوع مدل، در عمل تخمین مدل به روش تک معادله‌ای، سیستمی و رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) نتایج یکسانی به دست می‌آید. با توجه به این که در معادلات مدل (۴) فروض کلاسیک نقض نشده‌اند^۳ و نیز با مد نظر داشتن این نکته

۱- اطلاعات مربوط به تشکیل سرمایه‌ی ثابت ناخالص، تا سال ۱۳۸۳ در نماگرهای بانک مرکزی منتشر شده است.

۲- علی القاعده قبل از تخمین مدل و به منظور اجتناب از رگرسیون جعلی، لازم است پایایی متغیرها مورد بررسی قرارگیرد. در این ارتباط لازم به ذکر است که در آزمون‌های پایایی، مقادیر ارایه شده برای آماره‌های آزمون، برای داده‌هایی با حداقل ۲۰ مشاهده کاربرد دارند. در این مطالعه، به دلیل توضیحی که ارایه شد، دوره‌ی زمانی ۱۳۶۸-۱۳۸۳ به عنوان دوره‌ی مطالعه انتخاب شده است، که تعداد مشاهدات آن کم تر از ۲۰ است و لذا نمی‌توان به نتایج آزمون‌های پایایی اتکا کرد.

ولی، توجه به مقدار R^2 و آماره‌ی دوربن - واتسون در هر کدام از معادلات، شک ما به پدیده‌ی رگرسیون جعلی را کم رنگ می‌کند، چرا که در شرایط بروز پدیده‌ی رگرسیون جعلی، R^2 بالا با مقدار بسیار پایین آماره‌ی D-W مشاهده می‌شود.

۳- در ابتدا شاید به نظر برسد حضور متغیرهای وابسته تأخیری در سمت راست معادلات، به معنی نقض فرض ناهمبسته بودن متغیرهای توضیحی با اجزای اخلاص و یا به تعبیر دیگر تورش دار و ناسازگار بودن تخمین‌های OLS در این معادلات است. لیکن باید توجه داشت که $pcons(-1)$ و $pinv(-1)$ با جزء اخلاص معادله مربوطه‌شان در دوره‌ی $(t-1)$ همبسته‌اند و با در نظر گرفتن فرض عدم وجود همبستگی سریالی بین اجزای اخلاص، می‌توان حکم به ناهمبسته بودن متغیرهای توضیحی یادشده با اجزاء اخلاص داد.

که مدل یادشده مدل هم‌زمان نمی‌باشد^۱، می‌توان گفت کاربست روش تخمین OLS منجر به تخمین‌های بدون تورش و سازگار از ضرایب مدل می‌شود.

پس از تخمین رابطه‌ی (۴) به روش OLS، نتایج زیر حاصل شد:

$$pcons_t = 268.09.14 + 0.199pcons_{t-1} + 0.175pinv_{t-1} - 0.147GE$$

(1.41) (0.848) (1.95) (-0.22)

$$+ 0.054M + 0.263GDP$$

(2.68) (2.91)

$$R^2 = 0.99 \quad DW = 2.33$$

$$pinv_t = 43851.7 - 1.1pcons_{t-1} + 0.409pinv_{t-1} - 3.629GE$$

(1.2) (-2.44) (2.28) (-2.86)

$$+ 0.142M + 0.564GDP$$

(3.67) (3.26)

$$R^2 = 0.95 \quad DW = 2.69$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود علائم ضرائب، منطبق با انتظارات تئوریک است و دارای توجیه اقتصادی هستند. متغیرهای به کار رفته در الگو نیز عموماً دارای ضرایب معنی‌دار می‌باشند.

برای آزمون وجود یا عدم وجود هم‌خطی حاد در مدل، از روش رگرس کردن متغیر توضیحی بر دیگر متغیرهای توضیحی و استنباط مبتنی بر قاعده‌ی کلاین (Klein)، به علاوه‌ی روش تجزیه و تحلیل جمعی (آزمون فریش) استفاده شده است. این آزمون‌ها وجود هم‌خطی شدید در الگو را تأیید نکردند.

هم‌چنین، باتوجه به این‌که وجود خود همبستگی^۲ در الگو منجر به کاهش کارایی تخمین و بی‌اعتباری آزمون‌های آماری می‌شود، لازم است این موضوع نیز به دقت بررسی شود. لازم به تأکید است که وجود متغیرهای باوقفه در معادلات مدل، نتایج آماره‌ی دوربن - واتسون (D-W) را بی‌اعتبار می‌کند. در چنین حالتی، دوربن^۳ آماره‌ی دیگری به نام آماره‌ی h ارائه کرده که به صورت زیر تعریف شده است:

$$h = \left(1 - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{n}{1 - ns_{\hat{\beta}}^2}}$$

۱- زیرا pcons تابعی از مقدار جاری pinv و هم چنین pinv در معادله‌ی دوم تابعی از مقدار جاری pcons نیست. هر یک از متغیرهای وابسته تابعی از مقدار تأخیری متغیر دیگر می‌باشد.

2- Serial Correlation.

3- Durbin(1970).

که در آن d مقدار آماره‌ی دوربن-واتسون، n تعداد مشاهدات و S_{β}^2 واریانس متغیر باوقفه است.

- مقادیر آماره‌ی h برای معادلات الگو به ترتیب برابر $1/4$ و $1/77$ است و با توجه به این که آماره‌ی h تقریباً به صورت نرمال توزیع شده است و در شرایط آزمون دوطرفه مقدار Z برابر با $Z_{\alpha/2} = -1/96$ می‌باشد، در نتیجه:

$$h_1 = -1.4 > -1.96$$

$$h_2 = -1.77 > -1.96$$

بنابراین فرضیه $H_0: \rho = 0$ مبنی بر عدم وجود خود همبستگی رد نمی‌شود.

۷- حل مدل، تعیین مسیرهای بهینه‌ی زمانی متغیرهای هدف و کنترل

با توجه به این که کاربردی که در مقاله‌ی حاضر از نظریه‌ی کنترل بهینه‌ی مد نظر داریم، کاربردی در چارچوب برنامه‌ریزی اقتصادی است، از این رو لازم است اهداف مدنظر برنامه را در مدل وارد کنیم. مقادیر برنامه‌ریزی شده برای متغیرهای هدف و کنترل، همان متغیرهای \hat{X} و \hat{U} در رابطه‌ی (۲) هستند.

۷-۱- تعیین مسیرهای اسمی (برنامه‌ریزی شده)

برای تعیین مقادیر برنامه‌ریزی شده برای متغیرهای یاد شده، تا حد امکان تلاش شده است اهداف برنامه‌ی چهارم توسعه مورد توجه قرار گیرند. به این دلایل تکالیف برنامه‌ی چهارم و جداول کمی، برنامه‌ی راهنمای تعیین مسیرهای هدف بوده است. جدول (۱) مقادیر برنامه‌ریزی شده یا مسیرهای اسمی مربوط به هر یک از متغیرهای هدف، کنترل و برون‌زا را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقادیر اسمی (برنامه‌ریزی شده) متغیرهای هدف، سیاستی و برون‌زا

سال	متغیرهای هدف		متغیرهای سیاستی		متغیر برون‌زا
	PINV	PCONS	M	GE	GDP
۱۳۸۳	۱۰۲۴۳۶	۲۲۱۲۷۳	۶۸۵۸۶۷/۲	۲۰۳۶۹/۷	۴۰۴۳۳۵
۱۳۸۴	۱۱۳۹۹۶	۲۳۱۹۸۶/۸	۸۲۳۰۴۰/۶	۲۲۵۰۸/۵۲	۷۰۴۳۳۰۴۲
۱۳۸۵	۱۲۶۵۴۰/۱	۲۴۴۷۳۶/۷	۹۸۷۶۴۸/۸	۲۴۸۷۱/۹۱	۴۶۵۰۸۸/۱
۱۳۸۶	۱۴۱۳۳۲/۶	۲۵۹۰۶۳/۸	۱۱۸۵۱۷۹	۲۷۴۸۳/۴۶	۵۰۱۳۶۴/۹
۱۳۸۷	۱۵۹۵۳۵/۱	۲۷۵۶۶۲/۳	۱۴۲۲۲۱۴	۳۰۳۶۹/۲۳	۵۴۳۴۷۹/۶
۱۳۸۸	۱۸۲۱۰۹/۲	۲۹۶۱۱۳/۱	-----	-----	-----

مأخذ: براساس جداول کمی برنامه‌ی چهارم.

۲-۷- فرم فضا- حالت^۱ یا متغیر- حالت^۲

پس از تخمین مدل و پیش از این که مدل در قالب کنترل بهینه حل شود، لازم است آن را به فرم متغیر- حالت تبدیل کنیم. استفاده از فرم یاد شده سابقه‌ی طولانی در شاخه‌های مختلف علوم از جمله فیزیک، مکانیک کوانتوم و ترمودینامیک دارد و بر این مبنا استوار است که بتوان هر سیستمی را توسط شماری از معادلات تفاضلی یا دیفرانسیل از مرتبه‌ی اول بیان کرد، به گونه‌ای که این معادلات در مجموع متغیرهای حالت یا هدف سیستم را توصیف کنند. بر این اساس، اگر در دوره یا لحظه‌ی مشخصی از زمان، مقادیر عددی هر یک از متغیرها معلوم باشد، در این صورت می‌توان ادعا کرد که سیستم به طور کامل تصریح شده و مشخص است و هم چنین اگر بتوان مقادیر ورودی سیستم را در آینده مشخص کرد، می‌توان وضعیت و موقعیت سیستم در آینده را نیز به دست آورد. هدف از تصریح دوباره‌ی مدل به شکل متغیر- حالت، تعریف متغیرهای حالت جدید در مدل است که جایگزین متغیرهایی شوند که با وقفه‌ای بیش از یک دوره در مدل ظاهر شده‌اند.

فرم متغیر- حالت برای مدل‌های معادلات هم‌زمان ساده تر نیز می‌باشد. با توجه به این که هدف ما رسیدن به سیستمی به شکل:

$$X_{i+1} - X_i = AX_i + BU_i + CZ_i \quad (5)$$

می‌باشد و این که می‌توان در سیستم معادلات هم‌زمان بردار متغیرهای درون‌زا را بردار متغیرهای حالت در نظر گرفت و همه‌ی متغیرهای توضیحی مدل را در چهار دسته به شرح متغیرهای توضیحی دیگر معادلات، متغیرهای تأخیری، متغیرهای کنترلی و متغیرهای برون‌زای غیرقابل کنترل تقسیم بندی قرار داد، یک سیستم معادلات هم‌زمان اقتصادی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$X_t = A.X_t + A_1X_{t-1} + B_1U_t + C_1Z_t \quad (6)$$

به منظور آن که بتوان رابطه‌ی (۶) را به شکل رابطه‌ی (۵) نوشت، کافی است تبدیلات زیر را انجام داد:

$$X_t = (I - A.)^{-1} A_1 X_{t-1} + (I - A.)^{-1} B_1 U_t + (I - A.)^{-1} C_1 Z_t \quad (7)$$

که در آن:

$$(I - A.)^{-1} . A_1 \equiv (I + A)$$

1- State - Space.
2- State - Variable.

$$(I - A.)^{-1}.B_1 \equiv B \quad (8)$$

$$(I - A.)^{-1}.C_1 \equiv C$$

در مدلی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، تصریح دوباره‌ی مدل پس از تخمین به شکل متغیر - حالت، لازم به انجام نیست، چرا که اولاً در این مدل و در بیان سیستم از معادله‌ی تفاضلی بالاتر از مرتبه‌ی اول استفاده نشده است و ثانیاً مدل به کار رفته از نوع سیستم معادلات هم‌زمان نمی‌باشد، بنابراین ضمن آن که نیازی به معرفی متغیر حالت جدید در مدل وجود ندارد، بردار $A.$ ، در رابطه‌ی (۷) نیز برابر صفر است^۱. با توجه به آنچه گفته شد، ماتریس‌های B, C و A که مؤلفه‌های آن‌ها محصول مدل اقتصادسنجی هستند، برابر با مقادیر زیر خواهند بود:

$$A = \begin{bmatrix} 0.1671 & 0.201 \\ -1.213 & 0.3957 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.3103 & 0.0864 \\ -3.6439 & 0.1579 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 48592.15 & 0.1628 \\ 56986.46 & 0.5672 \end{bmatrix}$$

۳-۷- روش حل مدل

پس از آن که ماتریس‌های A, B و C معین و مسیره‌های اسمی متغیرهای هدف، کنترل و برون‌زا روشن شد، مدل، با تکیه بر نوع تابع هدفی که در بخش‌های پیشین معرفی شد، حل می‌شود. در حقیقت مسأله‌ی پیش روی ما حداقل کردن یک تابع هدف از نوع رابطه‌ی (۲) مشروط و مقید به سیستم دینامیک اقتصادی از نوع رابطه‌ی (۳)، که در آن شرایط اولیه سیستم نیز مشخص هستند، می‌باشد. حل مسأله با مشتق‌گیری جزئی از تابع اسکالرهامیلتونی به دست می‌آید.

شرایط مرتبه‌ی اول، معادله‌های بهینه‌ی متغیرهای سطح (X_i^*) ، کنترل (U_i^*) و معادلات متغیرهای الحاقی (P_1^*) را به دست می‌دهد. حل هم‌زمان معادلات

۱- برای اطلاعات بیشتر در مورد فرم متغیر - حالت، بنگرید به:

- Rao (1978), pp: 131-147.
-Pindyck (1975). pp: 89-103.

$$X_{i+1}^* - X_i^* = \frac{\partial H}{\partial P_{i+1}} \Big|_{*} = AX_i^* + BU_i^* + CZ_i \quad (9)$$

$$P_{i+1}^* - P_i^* = -\frac{\partial H}{\partial X_i} \Big|_{*} = -Q(X_i^* - \hat{X}_N) - A'P_{i+1}^* \quad (10)$$

مشروط به شرایط کرانه‌ای

$$X_0^* = \xi \quad (11)$$

$$P_N^* = Q(X_N^* - \hat{X}_N) \quad (12)$$

انجام می‌گیرد. رابطه‌ی (۱۲)، نتیجه‌ی شرایط پایانی^۱ در قضیه‌ی حداکثر است (پیندیک ۱۹۷۵). کمینه‌سازی تابع هامیلتونی نتیجه می‌دهد:

$$\frac{\partial H}{\partial U_i} \Big|_{*} = 0 \quad (13)$$

$$U_i^* = -R^{-1}B'P_{i+1}^* + \hat{U}_i \quad (14)$$

با جای‌گذاری (۱۴) در (۹)، فرایند حل مسأله آغاز می‌شود. چنان‌چه این جای‌گذاری انجام شود، به $2n$ (تعداد متغیرهای سطح) معادله‌ی تفاضلی از مرتبه‌ی اول برای X_i^* ها و P_i^* ها به همراه $2n$ شرایط کرانه‌ای که در روابط (۱۱) و (۱۲) ذکر شده‌اند، خواهیم رسید. این مجموعه توسط کامپیوتر حل می‌شود و P_i^* به دست آمده در رابطه‌ی (۱۴) جای‌گذاری شده و در نهایت U^* بهینه به دست می‌آید. با توجه به این‌که طی کردن این فرایند بسیار دشوار است، در مطالعاتی از این دست از روش دیگری که توسط چاو (۱۹۷۵) و پیندیک (۱۹۷۵)، برای حل مدل‌هایی با مشخصات ذکر شده توسعه داده شده است، استفاده می‌شود. در این روش با توجه به این‌که X_i^* و P_i^* به‌طور مشترک توسط یک دستگاه معادلات تفاضلی خطی تعیین می‌شوند، می‌توان فرض کرد که بین آن‌ها یک رابطه‌ی خطی وجود داشته باشد. اگر فرض کنیم رابطه‌ی یادشده به‌صورت زیر باشد:

$$P_i^* = K_i X_i^* + g_i \quad (15)$$

می‌توان نشان داد که این فرض منجر به حل مدل می‌شود. با جای‌گذاری (۱۵) در (۱۴) خواهیم داشت:

$$U_i^* = -R^{-1}B'(K_{i+1}X_{i+1}^* + g_{i+1}) + \hat{U}_i \quad (16)$$

سپس با انجام عملیات جبری متعدد سرانجام دو رابطه برای محاسبه ی g و K بر حسب ماتریس های A ، B ، C ، ماتریس های Q و R ، و نیز مقادیر برنامه ریزی شده ی متغیرهای سطح و کنترل به دست می آید. روابطی که چاو و پیندیک برای محاسبه ی K و g به دست آورده اند عبارتند از:

$$K_i = Q + (I + A)'(K_{i+1} - K_{i+1}B(R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1})(I + A) \quad (17)$$

$$g_i = -(I + A)'(K_{i+1} - K_{i+1}B(R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1})BR^{-1}B'g_{i+1} + (I + A)'g_{i+1} + (I + A)'(K_{i+1} - K_{i+1}B(R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1}) \quad (18)$$

در به دست آوردن مقادیر g و K از روش معکوس استفاده می شود، یعنی از دوره ی پایانی برنامه به ابتدای دوره ی عمل می شود. با جایگزین کردن مقادیر به دست آمده ی g و K در رابطه ی (۱۵)، مقدار بهینه ی عددی متغیرهای کمکی (الحاقی) به دست می آید که در گام بعدی با جایگزین کردن آن در رابطه ی (۱۴) و نیز قرار دادن رابطه ی مربوط به X_{i+1}^* در آن، مقادیر بهینه ی متغیرهای کنترل بر اساس رابطه ی زیر حاصل می شود:

$$U_i^* = -(R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1}(I + A)X_i^* + (R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1}BR^{-1}B'g_{i+1} - R^{-1}B'g_{i+1} - (R + B'K_{i+1}B)^{-1}B'K_{i+1}(B\hat{U}_i + Cz_i) + \hat{U}_i. \quad (19)$$

از این رابطه می توان U_i^* را با توجه به شرایط اولیه $X_0^* = \xi$ به دست آورد و آن گاه با قرار دادن U_i^* در رابطه ی (۹) مقدار X_1^* را محاسبه کرد. در مرحله ی بعد، با جای گذاری مقدار X_1^* در رابطه ی (۱۹) مقدار U_1^* به دست می آید. این فرایند ادامه می یابد تا در نهایت مقادیر بهینه ی متغیرهای هدف و کنترل برای تمام دوره ی زمانی به دست آید.

۴-۷- سناریوها و حل مدل

اکنون برای حل مدل کافی است تا ماتریس های Q و R را تعیین کنیم. همان طور که پیش تر نیز گفته شد، ماتریس های مذکور میزان اهمیت نسبی هر یک از اهداف یا ابزارها را در مقابل دیگری، از نظر سیاست گذار نشان می دهد. در این ارتباط لازم به ذکر

است که با توجه به این که جریمه‌های انحراف متغیرهای هدف و سیاستی در تابع هدف از نوع رابطه‌ی (۱۳)، جریمه‌های مربوط به انحراف از مقادیر برنامه‌ریزی شده است و از آن جا که مقیاس متغیرهای مدل از هم متفاوت است، به منظور قابل مقایسه کردن تأثیر انحراف از مقادیر برنامه در متغیرهای مدل، لازم است آن‌ها را در ضرایبی ضرب کنیم تا امکان مقایسه فراهم شود.

برای حل مدل، سه سناریوی مختلف در نظر گرفته شده و برای هر سناریو ماتریس‌های Q و R جداگانه‌ای تعریف شده است. در نهایت مسیرهای بهینه‌ی زمانی پس از حل نرم افزاری مدل دینامیکی به دست آمده‌اند.

در سناریوی اول فرض می‌شود که هر دو هدف و هر دو ابزار از وزن یکسانی در سیاست‌گذاری برخوردارند، بنابراین وزن‌های یکسانی برای انحراف مصرف خصوصی و سرمایه‌گذاری خصوصی از مقادیر برنامه‌ریزی شده‌ی آن و هم‌چنین انحراف مخارج دولت و حجم پول از مقادیر برنامه‌ریزی شده‌اش در نظر گرفته می‌شود. ماتریس‌های Q و R برابر خواهند بود با:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \quad \text{و} \quad R = \begin{bmatrix} 33 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

جدول (۲) نتایج حل مدل را نشان می‌دهد:

جدول ۲- نتایج حل مدل و مسیرهای بهینه‌ی متغیرهای سطح و کنترل در آزمایش اول^۱

States	pcons	pinv	Controls	ge	m
Time					
1383	221273.00	102436.00		17602.63	686141.16
1384	236726.93	102654.53		19838.07	822462.74
1385	256498.66	113657.84		22294.68	985137.59
1386	282048.57	128939.61		24369.03	1182020.99
1387	312949.86	148099.91		27139.08	1421416.28
1388	350364.25	169792.60			
	Criterion QLP =		3936426744.75		

مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

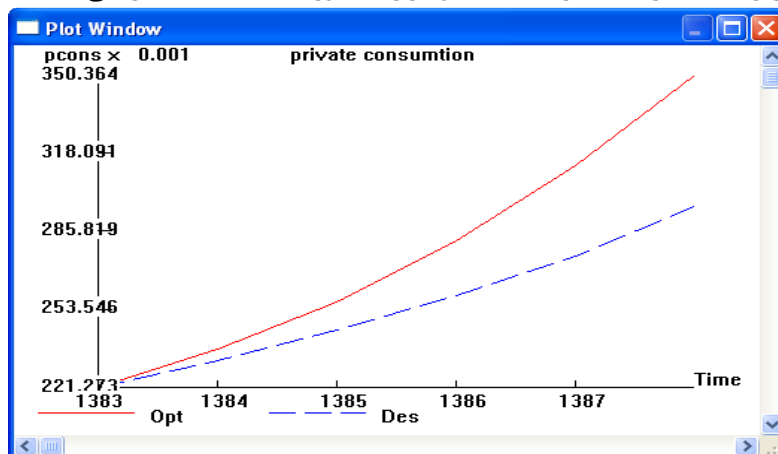
۱- حل مدل و جداول و نمودارهای به دست آمده، در نرم افزار Duali که به همین منظور و توسط اسان و کندریک (۱۹۹۹) تهیه شده، به دست آمده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقادیر بهینه‌ی محاسبه شده برای متغیرهای هدف و کنترل برای تمام سال‌های برنامه، براساس شیوه‌ی حل ارائه شده در بخش ۳-۷، قید شده‌اند. در جدول فوق علاوه بر مسیرهای بهینه، مقدار عددی تابعی هدف نیز که یک اسکالر می‌باشد، نمایش داده شده است که می‌توان آن را با مقادیر به دست آمده در دیگر سناریوها مقایسه کرد. نمودارهای زیر مسیرهای بهینه‌ی به دست آمده را در مقایسه با مسیرهای برنامه‌ریزی شده نشان می‌دهد. مقادیر بهینه‌ی ارائه شده برای متغیرهای کنترل (GE, M) در حقیقت مقادیری برای این دو متغیرسیاست‌گذاری در طول سال‌های دوره‌ی برنامه است که تابع هزینه را با مد نظر داشتن روابط دینامیکی حاکم میان متغیرها، حداقل می‌کند. بر اساس مقادیر بهینه‌ی محاسبه شده برای متغیرهای کنترل، مقادیر بهینه‌ی متغیرهای حالت هم محاسبه شده‌اند. چه بسا ممکن است هدف‌گذاری‌های در نظر گرفته شده در برنامه خارج از امکانات تحقق اهداف - با توجه به نوع روابط حاکم- باشد و یا حتی ممکن است برای دستیابی به اهداف از متغیرهای کنترل به میزانی کم‌تر از آن چه در برنامه در نظر گرفته شده است استفاده شود.

لازم به یادآوری است با توجه به این که جواب‌های به دست آمده، ناشی از یک فرایند ریاضی بهینه‌سازی (و نه فرایند شبیه‌سازی) بوده است که تئوری آن به اجمال بیان شد، جواب‌های به دست آمده بهینه هستند. به منظور مقایسه با جواب‌های غیربهینه، می‌توان گفت که در همه‌ی نمودارهای (۱) تا (۶)، فاصله‌ی مسیرهای زمانی بهینه (خطوط پیوسته) با مسیرهای زمانی برنامه‌ریزی شده (منحنی‌های خط چین)، نشانگر تفاوت جواب‌های بهینه با جواب‌های غیربهینه‌ی متغیرهای کنترل و حالت است، چرا که مقصود سیاست‌گذار از تعیین مقادیر برنامه‌ریزی شده برای متغیرهای کنترل، رسیدن به اهداف مد نظر در مورد متغیرهای حالت است. در این میان، ابزار کنترل بهینه با در نظر گرفتن روابط دینامیک میان متغیرهای حالت و کنترل و دیگر عوامل (از جمله متغیرهای برون‌زا)، مقادیر بهینه‌ی متغیرهای کنترل که بیش‌ترین میزان تحقق اهداف را می‌توانند به دنبال داشته باشند را به دست می‌دهد. برای مثال در آزمایش اول در حالی که سیاست‌گذار مبلغ ۲۷۴۸۳/۴۶ میلیارد ریال را به عنوان مخارج دولت در سال ۱۳۸۵ برای تحقق اهداف برنامه در نظر گرفته است (براساس جدول (۱))، براساس حل مدل، مقدار بهینه‌ی مخارج دولت در سال مذکور برای حداقل شدن فاصله با اهداف برنامه‌ریزی شده برابر ۲۲۲۹۴/۶۸ میلیارد ریال (بر اساس جدول (۲)) است که رقمی کم‌تر از مقدار برنامه‌ریزی شده را نشان می‌دهد. مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده از حل مدل با مقادیر برنامه‌ریزی شده برای دیگر سال‌ها و همین‌طور برای متغیر سیاستی

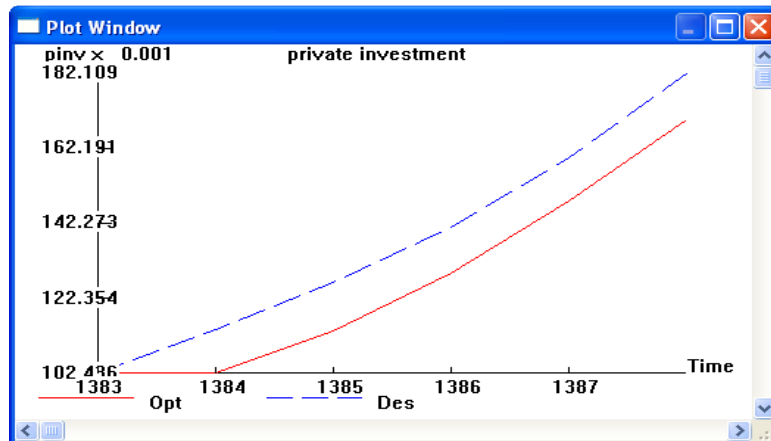
حجم پول، حاکی از تأثیر بهینه‌سازی در قالب مدل کنترل بهینه بر استفاده از ابزارهای سیاستی است.

نمودارهای (۱-الف) و (۱-ب)، مسیر بهینه‌ی به‌دست آمده از حل مدل را با مسیر برنامه‌ریزی شده برای متغیرهای هدف و ابزار به صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد.



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

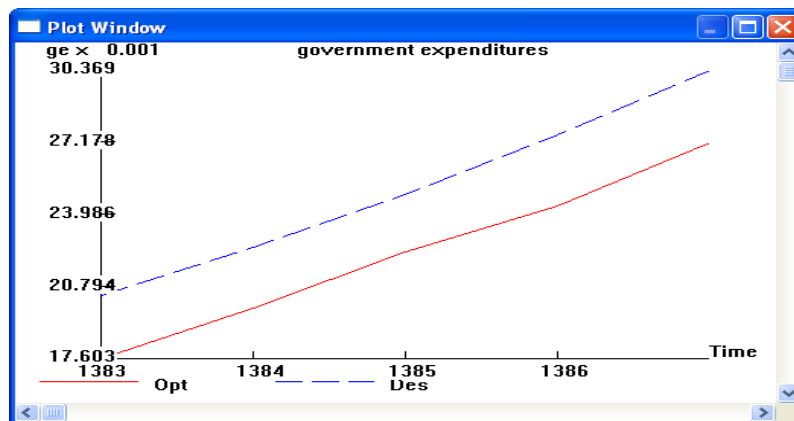
نمودار ۱-الف - مسیر اسمی و بهینه‌ی مصرف خصوصی در آزمایش اول



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

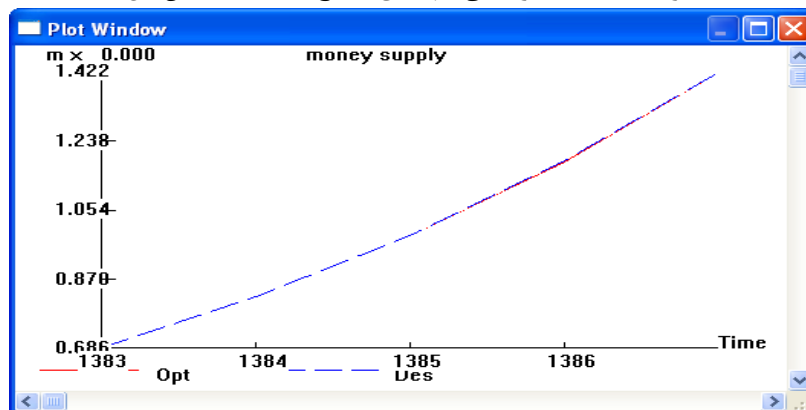
نمودار ۱-ب - مسیر اسمی و بهینه‌ی سرمایه‌گذاری خصوصی در آزمایش اول

۱- در تمام نمودارهای (۱) تا (۶) که در ادامه می‌آید، منحنی‌های خط چین نشان دهنده‌ی مقادیر برنامه‌ریزی شده‌ی متغیرهای حالت و کنترل است و منحنی‌های خط پیوسته نشانگر مقادیر بهینه‌ی متغیرهای ذکر شده می‌باشد که از حل ریاضی مدل به دست آمده است.



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

نمودار ۲-الف- مسیر اسمی و بهینه‌ی مخارج دولت در آزمایش اول



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

نمودار ۲-ب- مسیر اسمی و بهینه‌ی حجم پول در آزمایش اول

همان‌طور که نمودارهای (۱) و (۲) دیده می‌شود، حل مدل در شرایطی که سیاست‌گذار اولویت‌های یکسانی بر اهداف و ابزارها اعمال کند متضمن آن است که مصرف خصوصی به سطحی بالاتر از آنچه در برنامه‌ی پیش‌بینی شده است برسد، لیکن سرمایه‌گذاری خصوصی به مقادیر پیش‌بینی شده اش نرسد. افزون بودن مصرف خصوصی بر مقدار اسمی آن، اگرچه به ظاهر مطلوب می‌نماید، اما با توجه به نتایج به‌دست آمده از تخمین مدل، محدودیت‌های جدی در به‌کارگیری ابزارهای سیاستی و تحقق اهداف برنامه ایجاد می‌کند. پس از تخمین رابطه‌ی (۱۵)، ملاحظه شد که مخارج دولتی تأثیر منفی بر سرمایه‌گذاری خصوصی بر جا می‌گذارد و یا به عبارت دیگر، مخارج

دولتی به عنوان رقیب سرمایه‌گذاری خصوصی وارد عمل شده و عرصه را بر سرمایه‌گذاری خصوصی تنگ می‌کند. مقایسه‌ی نمودارهای (۲-الف) و (۲-ب) حاکی از آن است که اتکا به ابزار سیاست پولی در مقایسه با ابزار سیاست مالی (به دلیل وجود اثر جبرانی) بیش‌تر بوده و به همین دلیل مسیر بهینه‌ی m تقریباً به‌طور کامل بر مسیر برنامه‌ریزی شده‌اش منطبق است، حال آن‌که در همین نمودارها ملاحظه می‌شود مخارج دولتی (GE) در طول سال‌های برنامه فاصله‌ی خود را با مقدار برنامه‌ریزی شده‌ی خود حفظ می‌کند. به عبارت دیگر در حل مدل سعی شده است از این ابزار حداقل استفاده به عمل آید. این مقدار اتکا به ابزار پولی، سبب فزونی یافتن مصرف خصوصی شده است، به همین دلیل، در نمودار (۱-الف) مسیر بهینه‌ی مصرف خصوصی در سطحی بالاتر از مسیر اسمی شکل گرفته است، اگرچه در این مدل تورم لحاظ نشده است، ولی با توجه به واقعیات اقتصاد ایران می‌دانیم که متمایل شدن به ابزار پولی خود می‌تواند منجر به پیامدهای اقتصادی سنگینی شود.

در سناریوی دوم با توجه به این‌که اتکا به ابزار پولی می‌تواند تورم‌زا باشد، از بین ابزارهای سیاستی وزن بیش‌تری را به مخارج دولت (GE) و از بین اهداف نیز تحقق اهداف سرمایه‌گذاری خصوصی را اولویت می‌دهیم. بنابراین ماتریس‌های جریمه‌ی انحراف را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

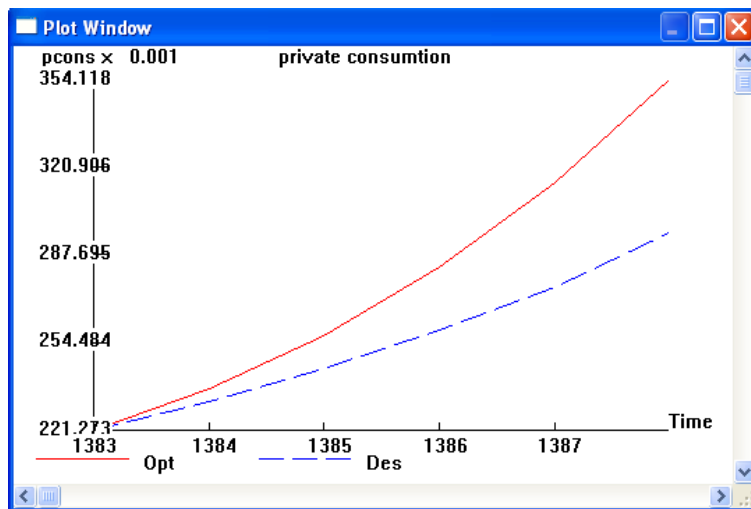
$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 20 \end{bmatrix} \text{ و } R = \begin{bmatrix} 330 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

جدول (۳)، نتایج حل مدل و نمودارهای (۴) و (۵) نیز مسیرهای بهینه و اسمی را نشان می‌دهند.

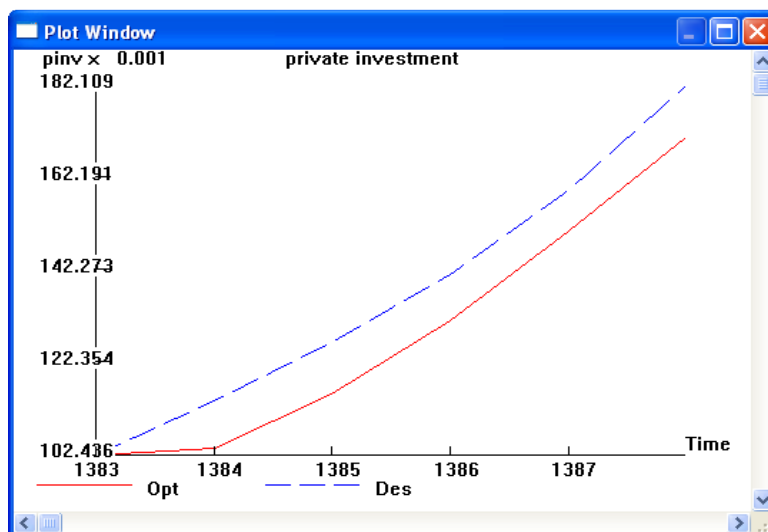
States	pcons	pinv	Controls	ge	m
Time					
1383	221273.00	102436.00		17540.91	691162.56
1384	237141.63	103672.29		19562.68	828646.10
1385	257221.32	115537.36		21882.58	991450.42
1386	282964.67	131305.18		24337.85	1197926.86
1387	314943.01	150549.91		27821.69	1452851.70
1388	354117.60	170820.63			
Criterion QLP =			15711824229.08		

مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

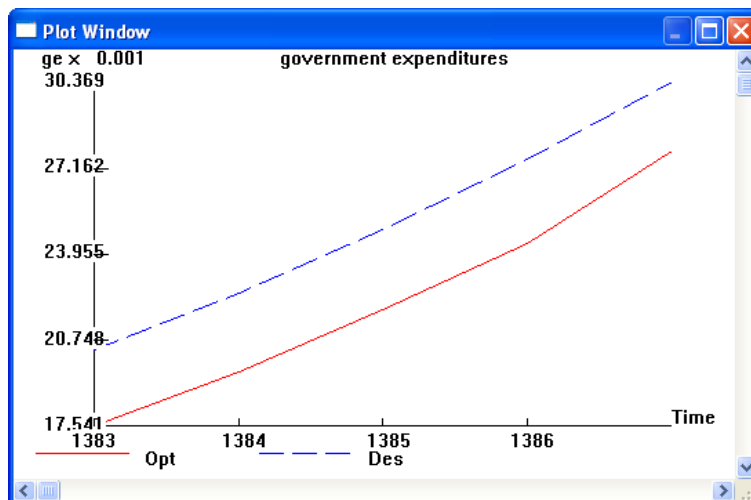
جدول ۳- نتایج حل مدل و مسیرهای بهینه‌ی متغیرهای سطح و کنترل در آزمایش دوم



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.
 نمودار ۳- الف- مسیر اسمی و بهینه‌ی مصرف خصوصی (آزمایش دوم)

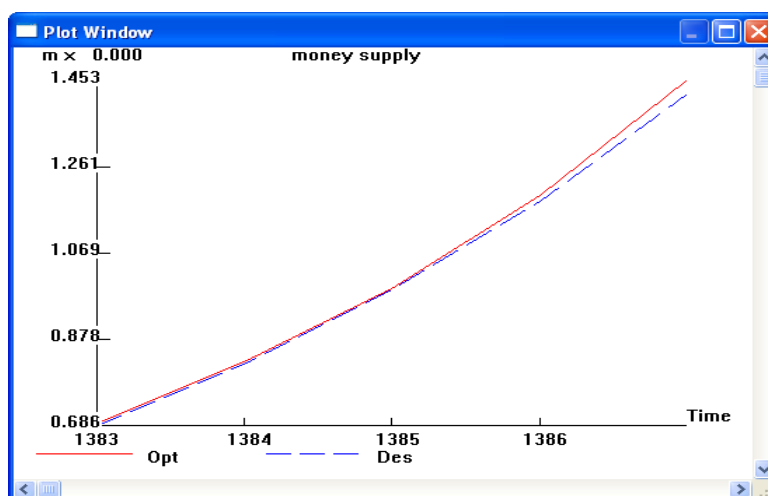


مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.
 نمودار ۳- ب- مسیر اسمی و بهینه‌ی سرمایه‌گذاری خصوصی (آزمایش دوم)



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

نمودار ۴-الف- مسیر اسمی و بهینه‌ی مخارج دولت (آزمایش دوم)



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.

نمودار ۴-ب- مسیر اسمی و بهینه‌ی حجم پول (آزمایش دوم)

در این آزمایش نیز وضعیت تا حدود زیادی شبیه آزمایش پیشین است و در مجموع سرمایه‌گذاری خصوصی اگرچه همچنان از مقدار برنامه‌ریزی شده اش فاصله دارد ولی در مقایسه با آزمایش پیشین، به مسیر برنامه‌ریزی شده نزدیک‌تر شده است. در این

آزمایش نزدیک شدن نسبی سرمایه‌گذاری خصوصی به مسیر اسمی به قیمت رشد حجم پول (M) به مقداری فراتر از مقادیر اسمی برنامه میسر شده است، که البته ممکن است پیامدهای تورمی نیز داشته باشد. مقایسه‌ی جواب‌های بهینه با غیربهینه در این آزمایش نیز مشابه آزمایش پیشین است.

در آزمایش دیگری (آزمایش سوم) تلاش شد از بین ابزارها، از ابزار پولی در جهت رسیدن به اهداف برنامه استفاده شود و از بین اهداف نیز هدف سرمایه‌گذاری خصوصی مورد تأکید قرار گرفت. ضرایب مربوط به جریمه‌های انحراف چنان در نظر گرفته شدند که جریمه‌ی بسیار ناچیز (در حد صفر) برای انحراف از مصرف خصوصی و مخارج دولت در بر داشته باشد. برای آزمایش سوم، ماتریس‌های Q و R به صورت زیر تعریف شده‌اند:

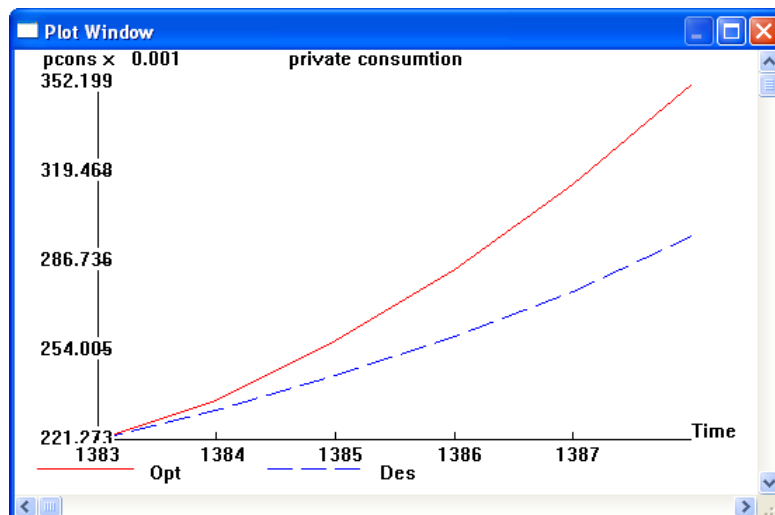
$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 200 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} 330 & 0 \\ 0 & 120 \end{bmatrix}$$

جدول (۴)، نتایج حل مدل و نمودارهای (۶) و (۷) نیز مسیرهای بهینه و اسمی را نشان می‌دهند:

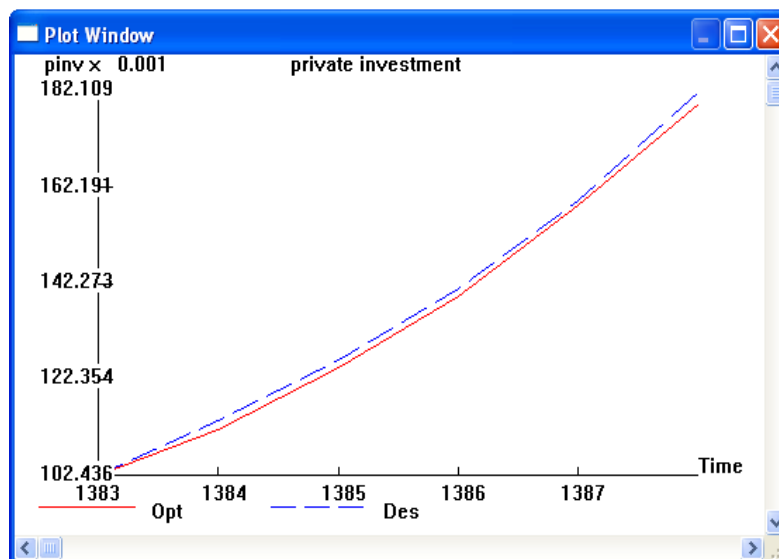
جدول ۴- نتایج حل مدل و مسیرهای بهینه‌ی متغیرهای سطح و کنترل در آزمایش سوم

States	pcons	pinv	Controls	ge	m
Time					
1383	221273.00	102436.00		15049.19	686062.62
1384	235927.82	111946.60		18072.26	823101.61
1385	257740.11	124839.33		20249.90	987661.10
1386	284087.03	139707.66		22193.84	1185273.74
1387	315060.94	158327.99		24900.74	1422818.99
1388	352199.50	179656.88			
Criterion QLP =		25493682338.56			

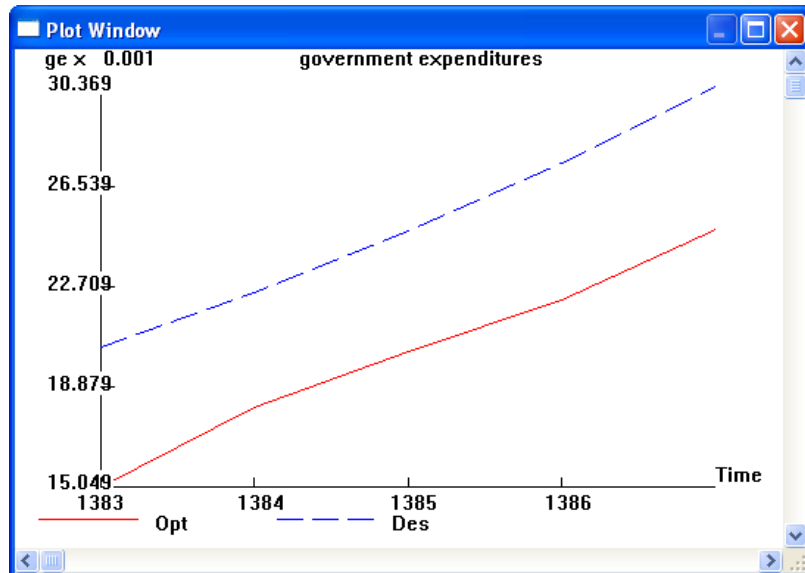
مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.



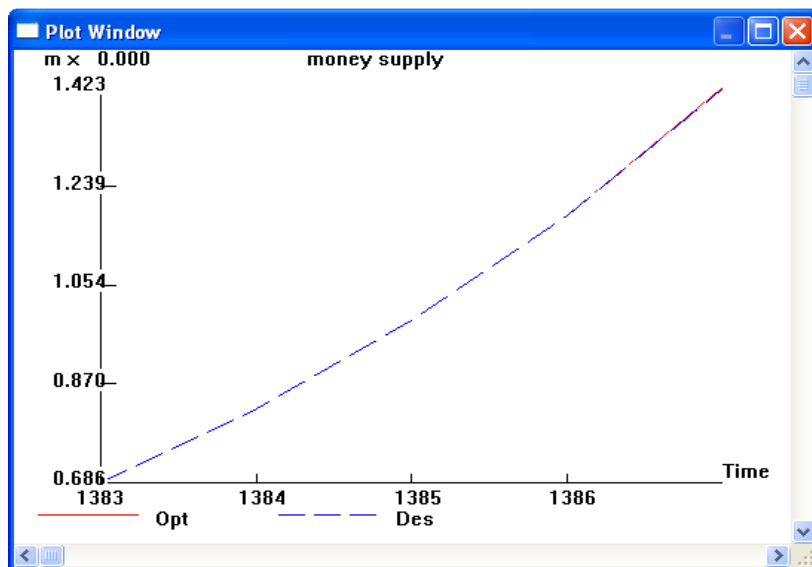
مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق. نمودار ۵- الف- مسیر اسمی و بهینه‌ی مصرف خصوصی (آزمایش سوم)



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق. نمودار ۵- ب- مسیر اسمی و بهینه‌ی سرمایه‌گذاری خصوصی (آزمایش سوم)



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.
 نمودار ۶-الف- مسیر اسمی و بهینه‌ی مخارج دولت (آزمایش سوم)



مأخذ: خروجی‌های نرم افزار Duali، محاسبات تحقیق.
 نمودار ۶-ب- مسیر اسمی و بهینه‌ی حجم پول (آزمایش سوم)

در این آزمایش ملاحظه می‌شود که سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) به نزدیک‌ترین فاصله‌ی خود با مقادیر برنامه‌ریزی شده اش رسیده و از سوی دیگر حجم پول (M) نیز از مقادیر اسمی اش بیش‌تر نشده است. نکته‌ی قابل توجهی که از این آزمایش استنباط می‌شود آن است که چنان‌چه مقادیر به دست آمده برای مخارج دولت (GE) در آزمایش‌های دوم و سوم با هم مقایسه شود ملاحظه خواهد شد که در آزمایش سوم مقادیر بهینه‌ی آن به دلیل کم کردن اهمیت ابزار سیاست مالی کاهش یافته و در عوض سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) به مقدار بسیار قابل ملاحظه تری به هدف نزدیک شده است. تفاوت قابل توجه مقادیر بهینه‌ی مخارج دولت از مقادیر برنامه‌ریزی شده‌ی آن در سال‌های برنامه، گویای این واقعیت است که اگر الزام دولت به حفظ سطح پیشین هزینه‌ها وجود نداشت^۱ (که آن را با کاستن از اهمیت نسبی ابزار سیاست مالی در آزمایش سوم نشان دادیم) و اگر در عمل کاهش هزینه‌های دولت ممکن بود، با صرف مبالغ کم‌تری به عنوان هزینه‌ی دولت، امکان دست‌یابی به اهداف برنامه محقق می‌شد. فاصله‌ی نسبتاً زیاد مقادیر بهینه‌ی مخارج دولت (GE) در قالب آزمایش سوم با مقادیر برنامه‌ریزی شده اش، نشان می‌دهد که در ساختار فعلی اقتصادی، با وجود پدیده‌ی اثر جبرانی بین مخارج دولت (GE) و سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV)، تحقق اهداف در حوزه‌ی سرمایه‌گذاری خصوصی از طریق استفاده از ابزار پولی میسر می‌شود. به عبارت دیگر دولت برای نیل به اهداف یاد شده، در عمل ابزار مالی (مخارج دولت) را در اختیار ندارد و دو هدف تعریف شده را - در چارچوب مدل فعلی - از طریق ابزار عرضه‌ی پول ردگیری می‌کند، که علت این امر را نیز در اثر منفی مخارج دولت بر سرمایه‌گذاری خصوصی باید جستجو کرد. بدین ترتیب، در چنین شرایطی دولت اتکالی شدیدتری بر ابزار پولی پیدا خواهد کرد، که این فرایند ممکن است منشاء پدیده‌ی نامطلوب دیگری، از جمله تورم باشد که با دیگر اهداف برنامه در تعارض است^۲.

۸- جمع‌بندی و ملاحظات

در این مطالعه تلاش شد برای رسیدن به اهداف برنامه‌ی چهارم در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی، مقادیر بهینه‌ی ابزارهای سیاستی دولت برای تحقق این اهداف، طی سال‌های مختلف برنامه‌ی چهارم تعیین شود. لازمه‌ی این کار برآورد

۱- اصولاً به دلیل ماهیت هزینه‌هایی که دولت در اقتصاد انجام می‌دهد، کاهش یکباره هزینه‌های دولت معمولاً میسر نیست و این کار در دوره‌های زمانی طولانی‌تر و با تغییر ساختار نقش دولت در اقتصاد صورت می‌پذیرد.

۲- با توجه با این‌که در این مطالعه، تورم را وارد مدل نکرده‌ایم، به درستی نمی‌توان به پیامدهای تورمی اشاره کرد.

ساختار روابط اقتصادی در حوزه‌ی سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی بود که بدین منظور مدلی که شامل عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری و مصرف خصوصی بود، انتخاب و با استفاده از داده‌های مربوط به دوره‌ی ۱۳۸۳-۱۳۶۸ تخمین زده شد. نتایج تخمین حاکی از تأیید فرضیه‌ی وجود اثر جبرانی بین مخارج دولت (GE) و سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) در دوره‌ی یاد شده بود. به دیگر سخن تأثیر مخارج دولت بر سرمایه‌گذاری خصوصی منفی بوده است. چنان‌چه آزمایش‌های مختلف بعدی نیز نشان داد، این اثر موجب شد که برای دستیابی به اهداف برنامه در حوزه‌های یاد شده، امکان توسل به ابزار مخارج دولتی از بین رفته و اتکا به ابزار پولی جای‌گزین آن شود. این جایگزینی بین ابزارها سبب فاصله گرفتن مصرف خصوصی از مقدار اسمی خود و احیاناً پیامدهای تورمی می‌شود. برای بهینه‌سازی مسیرهای متغیرهای هدف و متغیرهای سیاستی، مدل با تکیه بر نظریه‌ی کنترل بهینه بازنویسی و مقادیر بهینه‌ی متغیرهای گفته شده برای سال‌های برنامه‌ی چهارم استخراج شد. حل مدل از طریق برنامه‌ی کامپیوتری Duali و در قالب سه آزمایش مختلف به انجام رسید. در آزمایش اول، جریمه‌ی انحراف از متغیرهای هدف باهم برابر در نظر گرفته شد. هم‌چنین، جریمه‌ی انحراف از مقادیر اسمی متغیرهای کنترل نیز برابر در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر فرض شد، هیچ یک از اهداف و هیچ یک از ابزارهای سیاستی تقدم و اولویتی بردیگری ندارند. حل مدل حکایت از عدم رسیدن هدف سرمایه‌گذاری خصوصی به مقدار تعیین شده‌اش داشت، در حالی که مسیر بهینه‌ی مصرف خصوصی از مسیر برنامه‌ریزی شده‌اش فراتر رفته بود. در زمینه‌ی استفاده از ابزارهای کنترلی نیز، با وجود استفاده از تمام ظرفیت ابزار پولی (M)، مخارج دولت (GE) در مسیری موازی و در حدی پایین‌تر از مسیر اسمی خود پیش رفته است.

در آزمایش دوم، از میان اهداف، سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) و از میان ابزارها نیز ابزار مالی (GE) مورد تأکید قرار داده شده و جریمه‌ی انحراف سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) از مقدار برنامه‌ریزی شده‌اش و نیز جریمه‌ی انحراف مخارج دولتی (GE) از مسیر اسمی‌اش به ۱۰ برابر حالت پیشین افزایش یافت. تأکید بر ابزار مخارج دولتی (ابزار مالی) به جهت اجتناب از پیامدهای تورمی اتکا به ابزار پولی انتخاب شد. در این آزمایش نیز، سرمایه‌گذاری خصوصی به مقادیر برنامه‌ریزی شده‌اش نرسید و به صورت تقریباً موازی و در سطح پایین‌تر از مقادیر برنامه‌ریزی شده حرکت کرد. اما در عوض ابزار پولی در سال‌های ۱۳۸۵ به بعد از مسیر برنامه‌ریزی شده‌اش فراتر رفت. وضعیت مسیر بهینه‌ی مخارج دولت و مصرف خصوصی نیز مشابه آزمایش قبلی است.

در آزمایش سوم، تأکید سیاست‌گذار بر سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) و ابزار پولی (M) مفروض گرفته شد و در تعیین جریمه‌های انحراف چنان عمل شد که تقریباً وزن مصرف خصوصی (PCONS) در مقابل سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) و مخارج دولت (GE) در مقابل حجم پول (M) ناچیز باشد. سرانجام در این آزمایش سرمایه‌گذاری خصوصی (PINV) به مقادیر هدف نزدیک شد و استفاده از حجم پول (M) نیز از مقادیر پیش‌بینی شده در برنامه فراتر نرفت. البته این نتیجه متضمن استفاده‌ی حداقلی از ابزار سیاست مالی، به منظور کاستن از انحراف سرمایه‌گذاری خصوصی از مسیر برنامه‌ریزی شده و به دلیل تأثیر منفی مخارج دولت بر سرمایه‌گذاری خصوصی است.

مجموعه‌ی آزمایش‌های فوق نشان داد اگرچه با اتکا به ابزار پولی می‌توان به هدف سرمایه‌گذاری خصوصی رسید، ولی در نقطه‌ی مقابل، این هدف به قیمت انحراف شدید مصرف خصوصی از مقدار برنامه‌ریزی شده‌اش و یا به عبارت دیگر خارج شدن تقاضا از مسیر برنامه‌ریزی شده‌اش تمام می‌شود. چنانچه اثر جبرانی وجود نداشت، چه بسا امکان دست یافتن به هر دو هدف فراهم می‌آمد، ولی به دلیل ساختار فعلی اقتصادی، مخارج دولتی به عنوان رقیب سرمایه‌گذاری خصوصی عمل می‌کند و در واقع این دو ابزار اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. بنابراین به نظر می‌رسد، برای تشویق سرمایه‌گذاری خصوصی در بلندمدت، بدون آن که پیامدهای نامطلوب بر آن حاکم شود، لازم است به تدریج دولت کوچک شود و سرمایه‌گذاری خود را صرفاً به امور زیربنایی محدود کند. این کار مستلزم جدی‌تر شدن برنامه‌های خصوصی‌سازی و محدود شدن نقش سرمایه‌گذاری دولت به امور زیربنایی و زمینه‌سازی برای محیط مساعدتر کسب و کار برای بخش خصوصی است. در این صورت مخارج دولتی مکمل سرمایه‌گذاری خصوصی خواهد بود و رشد مخارج دولتی نه تنها سرمایه‌گذاری خصوصی را از صحنه بیرون نخواهد کرد، بلکه آن را شتابان خواهد نمود.

در این مطالعه مشخص شد که رابطه‌ی جبرانی بین مخارج دولتی و سرمایه‌گذاری خصوصی به صورت یک محدودیت جدی در مسیر نیل به اهداف برنامه‌ریزی شده عمل می‌کند. توجه به این مسأله حائز اهمیت است که مخارج دولتی خود شامل مخارج سرمایه‌گذاری دولتی به‌علاوه‌ی مخارج مصرفی دولتی است. از این‌رو به منظور فائق آمدن بر این محدودیت بهتر است در قالب دو مطالعه‌ی جداگانه‌ی دیگر نوع رابطه‌ی میان سرمایه‌گذاری دولتی و سرمایه‌گذاری خصوصی و رابطه‌ی میان مخارج مصرفی دولتی و سرمایه‌گذاری خصوصی تبیین شود. بدین ترتیب با دقت بیش‌تری می‌توان

برای رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده، توصیه‌های سیاستی در زمینه‌ی استفاده از ابزارها به دولت ارائه کرد.

فهرست منابع

- ۱- احمدیان، مجید، «اقتصاد نظری و کاربردی نفت»، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
- ۲- عسلی، مهدی، «کنترل تعهدات خارجی در جریان رشد اقتصادی: کاربردی از نظریه‌ی کنترل بهینه در یک مدل اقتصاد کلان»، مجله‌ی برنامه و بودجه، شماره‌ی ۷.
- ۳- قانون برنامه‌ی چهارم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ج.ا. ایران.
- 4- Abel A., (1974), "A Comparison of Three Control Algorithms as Applied to the Monetarist-Fiscalist Debate", Princeton University.
- 5- Ahmadian, Majid, (1997), "Auction Instrument effects on Extraction and Exploration", *Opec Review*, March .
- 6- Amman, H and D. A. Kendrick, (1999), "The Duali/Dualpc Software for Optimal Control Models: User's Guide", Centre for Applied Research in Economics, The University of Texas.
- 7- Aoki, Masanao, (1990), "State Space Modeling of Time Series", Springer-Verlag, 2nd edition
- 8- Aoki, M., (1976), "Optimal Control and System Theory in Dynamic Economic Analysis", North-Holland.
- 9- Arrow, K. J. and Kurz, M., (1970) "Public Investment: The Rate of Return and Optimal Fiscal Policy", The John Hopkins Press, Baltimore.
- 10- Auernheimer, Leonards and Gabriel A. Lozada, (1990) "On the Treatment of Anticipated Shocks in Models of Optimal Control with Rational Expectations: An Economic Interpretation", *The American Economic Review*, March.
- 11- Bensoussan, A., (1985), "Value Concept for Risky Ventures", *Optimal Control Theory and Economic Analysis II*. Edited by G. Feichtinger, Elsevier Science Publishers.
- 12- Buhl, H. U., "Some environmental aspects of optimal economic growth", *Ibid*.
- 13- Caputo, Michael R. and Brian J. Ostrom, (1996) "Optimal government Policy Regarding a Previously Illegal Commodity" *Southern Economic Journal*, Vol. 62, No. 3, January.
- 14- Chiang, Alpha C., (1992), "Elements of Dynamic Optimization", McGraw-Hill Inc.
- 15- Durbin, J. (1970), "Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression when Some of the Regressors are Lagged Dependent Variables", *Econometrica*, 38.
- 16- Feichtinger, Gustav, (ed) (1985), "Optimal Control Theory and Economic Analysis II", Elsevier Science Publishers.

- 17- Feichtinger, Gustav, (ed)(1988), "*Optimal Control Theory and Economic Analysis III*", Elsevier Science Publishers.
- 18- Foster, Burce A. , "On a one state variable optimal control problem: consumption-pollution trade-offs", Applications of control theory to economic analysis, ed. by John Pitchford and Stephen Turnovsky, North Holland publishing company, 1977.
- 19- Intriligator, Michael D. ,(1971), "*Mathematical Optimization and Economic Theory* ", Prentice-Hall Inc.
- 20- Kendrick, David A. (2002), "*Stochastic Control for Economic Models*", 2nd Edition.
- 21- Leonard, Daniel and Ngo Van Long, (1992), "*Optimal Control Theory and Static Optimization in Economics* ", Cambridge University Press.
- 22- Michel, P. "Application of optimal control theory to disequilibrium analysis", Ibid
- 23- Miller,R. E., (1979), "*Dynamic Optimization and Economic Applications*", New York, McGraw-Hill.
- 24- Naseri, S. Mehdi(2001), "*Optimal Control of Income Inequalities in an Inflationary Process*", Imam Sadiq University, Tehran, M. A Thesis.
- 25- Pindyck, Robert S., (1975), "*Optimal Planning for Economic Stabilization*", North-Holland Publishing Company.
- 26- Pitchford, John D. , "Two state variable problems",
- 27- Pithford,J. and Stephen Turnovsky(ed) , (1977), "*Applications of Optimal Control Theory to Economic Analysis*", North-Holland Publishing Company.
- 28- Pontryagin, L. S. et al. ,(1962), "*The Mathematical Theory of Optimal Processes*", Wiley, New York.
- 29- Preston, A. J. , "Existence, Uniqueness and Stability of Linear Optimal Stabilization Policies", Ibid.
- 30- Rao, Manohar M. J. (1987), "Filtering and Control of Macroeconomic Systems", North Holland Publishing Company.
- 31- Salemi,Michael K. , (1995), "Revealed Preference of The Federal Reserve:Using Inverse Control Theory to Interpret the Policy Equation of a Vector Autoregression",*Journal of Business and Economic Statistics*,Vol 13,No 4,October .
- 32- Schwartz and Kamien,(1981), "*Dynamic Optimization:The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*",Elsevier North-Holland Inc.
- 33- Seierstad, Atle, (1987),"*Optimal Control Theory with Economic Applications*",North-Holland.
- 34- Sengupta,Jati K. and Phillip Fanchon,(1997), "*Control Theory Methods in Economics*",KluwerAcademic Publishers.
- 35- Shell, K(ed.), (1969),"*Applications of Pontryagin's Maximum Principle to Economics*", Mathematical Systems Theory and Economics, (Springer,Berlin).
- 36- Spiegel, Murray R., (1971), " *Calculus of Finite Differences and Difference Equations*", Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company.

- 37- Stopler, S., "*Optimal Control of Transfer and Utilization of New Technologies in a Linear Dynamic Planning Model of a Firm*".
- 38- Takayama, Akira, (1985), "*Mathematical Economics*", 2nd ed, Cambridge University Press.
- 39- Takayama, Akira, (1994), "*Analytical Methods in Economics*", Harvester Wheatsheaf.
- 40- Turnovsky, Stephen J., "*Optimal Control of Linear Systems with Stochastic Coefficients and Additive Disturbances*", Ibid.
- 41- Turnovsky, Stephen J., (1977), "*Macroeconomic Analysis and Stabilization Policy*", Cambridge University Press.
- 42- Turnovsky, Stephen J., (1995), "*Methods of Macroeconomic Dynamics*", The MIT Press.