

بررسی اثر قیمت نفت بر روی متغیرهای تولید و نقدینگی در اقتصاد ایران توسط یک مدل

دکتر رامین پاشایی فام^۱، امیر ماستری فراهانی^۲

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر افزایش قیمت نفت بر روی متغیرهای تولید و نقدینگی در اقتصاد ایران توسط یک مدل اقتصاد سنجی می باشد. برای این منظور از میان مدل‌های کلان اقتصاد سنجی ساخته شده تا کنون برای اقتصاد ایران، مدل خیابانی – خشادوریان انتخاب و بعد از یک رشته ساده‌سازی این اثر توسط یک شوک از طرف قیمت نفت روی این دو متغیر مورد بررسی قرار گرفت.

در این تحقیق انتخاب متغیر نقدینگی به عنوان یکی از متغیرهای مورد مطالعه از آن جهت است که حجم نقدینگی در اقتصاد ایران از عوامل تاثیر گذار روی تورم بوده که در مطالعات انجام شده از این دست تاکنون کمتر به این متغیر مهم توجه شده است. دوره مورد مطالعه در این تحقیق ۸۵-۱۳۸۰ و به صورت فصلی انتخاب گردیده، به‌علاوه با توجه به همزمان بودن معادلات مدل روش 3Sls برای تخمین ضرایب درونزای مدل انتخاب

^۱- عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

^۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

شده است. در مورد متغیرهای برون‌زای مدل، این متغیرها بر اساس روش OLS برآورد، تخمین زده شده و برای دوره 1386Q1 پیش بینی گردیده‌اند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تحت تاثیر شوک هر دو متغیر تولید و نقدینگی از شوک نفتی به شدت تاثیر پذیر می‌باشند؛ به این صورت که در مورد تولید شوک نفتی تولید و اجزای آن (در اینجا مصرف بخش خصوصی، واردات و صادرات) را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مورد نقدینگی شوک نفتی نقدینگی را به شدت متاثر می‌کند که در اقتصاد ایران مهمترین جزء اثر پذیر از نقدینگی پایه پولی می‌باشد. در مورد پایه پولی مهمترین جزء اثر پذیر دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و در مورد ضریب فزاینده نقدینگی مهمترین جزء اثر پذیر نسبت اسکناس و مسکوک به کل سپرده‌ها می‌باشد.

واژگان کلیدی: دوگانگی اقتصادی^۱، دوگانگی نفتی^۲، تولید، نقدینگی.

۱- مقدمه

هدف از این تحقیق بررسی اثر قیمت نفت بر روی متغیرهای تولید و نقدینگی در اقتصاد ایران توسط یک مدل است اهمیت این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که ایران یکی از غنی‌ترین کشورهای نفت خیز جهان بوده و هست. تا قبل از دهه ۵۰ در آمد نفتی در تولید ملی ایران نقش چندانی نداشت و بخش پیشتاز در اقتصاد، بخش کشاورزی بود اما از دهه ۵۰ و بعد از آن (به خصوص بعد از رخ دادن اولین شوک نفتی) به تدریج سهم درآمد نفتی در تامین منابع مالی دولت رو به افزایش گذاشت به گونه‌ای که بخش پیشتاز در اقتصاد کشور را صنعت نفت به خود اختصاص داد و سبب شد اولاً اقتصاد کشور به اقتصادی تک محصولی تبدیل شده، ثانياً سبب شود اقتصادی که تا قبل از دهه پنجاه تاثیر چندانی از قیمت نفت نمی‌گرفت از دهه

^۱- Dual Economic

^۲- Dual Oil

پنجاه و بعد از آن به شدت تحت تاثیر قیمت نفت قرار بگیرد و از آنجا که قیمت نفت در سطح بین الملل و در خارج از مرزهای ایران تعیین می شود اقتصاد کشور به شدت تحت تاثیر عوامل بین المللی، سیاسی و اقتصادی تعیین کننده قیمت نفت قرار بگیرد.

با این بیان بررسی اثر قیمت نفت بر روی متغیرهای کلان اقتصادی ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق تحقیقات انجام شده در زمینه اثر قیمت نفت بر روی متغیرهای کلان اقتصادی به دو گروه عمده مطالعات انجام شده در کشورهای وارد کننده نفت و مطالعات انجام شده در کشورهای صادر کننده نفت قابل تقسیم است.

در مورد گروه اول می توان برای نمونه به نتایج تحقیقات همیلتون [۳۱]، بریج و هاریسون [۳۲]، مورک [۳۳]، موری [۳۴]، هیلد کریستین [۳۵]، جیمز ورودریکوئز و سانچز [۳۶]، مارک هوکر [۳۷] اشاره نمود. برای نمونه نتایج تحقیقات همیلتون نشان می دهد که افزایش قیمت نفت سبب کاهش GDP در آمریکا شده است. گروه دوم خود به دو زیر گروه مطالعات انجام شده در کشورهای عربی مطالعات انجام شده برای ایران قابل تقسیم می باشد.

در مورد زیر گروه اول می توان به نتایج تحقیقات طاهر [۳۸]، الوطوی [۳۹]، المتیری [۴۰] و تقی التونی [۴۱] اشاره نمود که برای نمونه نتایج تحقیقات المطوی نشان می دهد که یک افزایش ناگهانی در مقدار تولید نفت نسبت به افزایش ناگهانی در قیمت نفت اثر بیشتری بر بهبود رفاه جامعه داشته است.

در مورد زیر گروه دوم می توان به نتایج تحقیقات در گاهی و پر خیده [۱]، مهر آرا و اسکویی [۲]، رضایی و مولایی [۳]، منظور و توکل نیا [۴]، مهدوی [۵]، صمدی و جلالی [۶]، منجذب [۷]، نخجوانی [۸]، طیبیان [۳۰]، طیب نیا [۹]، ابریشمی و محسنی [۱۰]، خوش اخلاق و موسوی [۱۱] و متوسلی و فولادی [۱۲] اشاره نمود که برای نمونه نتایج

تحقیقات خوش اخلاق - موسوی نشان می‌دهد که شوک‌های حاصل از فروش نفت بخش‌های قابل مبادله بویژه کشاورزی و صنعت را ضعیف می‌کند، بخش ساختمان در نقش بخش غیر قابل مبادله در اقتصاد ایران را تقویت نموده باعث افزایش واردات، کاهش صادرات غیر نفتی شده و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد.

در این تحقیق برخلاف تحقیقات دیگر سعی بر آن است اثر قیمت نفت روی متغیرهای کلان اقتصادی کشور توسط یک مدل پویا مورد بررسی قرار بگیرد به‌علاوه انتخاب متغیر نقدینگی در مقام یکی از متغیرهای مورد مطالعه از آن جهت است که حجم نقدینگی در اقتصاد ایران از عوامل اثر گذار روی تورم می‌باشد که در مطالعات انجام شده تاکنون کمتر به این متغیر مهم در اقتصاد ایران توجه شده است.

با توجه به توضیحات مذکور این تحقیق در سه بخش تدوین گردید: ادبیات موضوع، انتخاب مدل - شبیه‌سازی و نتیجه‌گیری.

۲- ادبیات موضوع

همان‌طور که در بالا گفته شد در این تحقیق سعی بر آن است که با انتخاب یک مدل از میان مدل‌های موجود، اثر قیمت نفت روی دو متغیر تولید و نقدینگی مورد مطالعه قرار گیرد. لذا ابتدا باید مدل‌های کلانی که تاکنون برای اقتصاد ایران ساخته شده را مورد بررسی قرار داده تا سپس از میان الگوهای موجود بتوان بهترین الگو را انتخاب کرد.

برای انتخاب یک الگو معیارهای متفاوتی می‌تواند وجود داشته باشد که یکی از مهمترین این معیارها سازگار بودن آن مدل با شرایط اقتصاد کشور است. این مسئله خود ضرورت مطالعه ساختار اقتصاد ایران را نشان می‌دهد، لذا بخش ادبیات موضوع این تحقیق در دو بخش تدوین می‌گردد:

اول بررسی ساختار اقتصاد ایران آن‌هم با توجه به مفهوم دوگانگی اقتصادی و دوگانگی نفتی.

دوم بررسی مدل‌های که تا کنون برای اقتصاد ایران ساخته شده است.

ساختار اقتصاد ایران

در این تحقیق ساختار اقتصاد ایران توسط مفهوم دوگانگی اقتصادی - نفتی قابل بررسی است.

دوگانگی اقتصادی

نوعی ساختار اقتصادی مختص کشورهای در حال توسعه است که در آن ساختار اقتصادی جامعه از دو بخش کاملاً مجزای مدرن و سنتی تشکیل شده است. حال از میان انواع دوگانگی اقتصادی دوگانگی نفتی نوعی دوگانگی اقتصادی است که در آن بخش مدرن اقتصاد را صنعت نفت تشکیل می‌دهد.

برای توضیح دوگانگی نفتی دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از بهترین دیدگاه‌های موجود در این زمینه دیدگاهی است که در آن دوگانگی نفتی توسط مفهوم اثر پیوستگی توضیح داده می‌شود.

برای توضیح پدیده دوگانگی نفت در این دیدگاه لازم است که ابتدا سه مفهوم اثر پیوستگی، ارتباط پیشین و ارتباط پسین توضیح داده شود:

ارتباط پسین: عبارت است از ارائه مواد اولیه و کالاهای سرمایه‌ای مورد نیاز بخش نفت توسط صنایع ملی.

ارتباط پیشین: عبارت است از ارائه مواد اولیه و کالاهای سرمایه‌ای مورد نیاز صنایع ملی توسط بخش نفت.

اثر پیوستگی: عبارت است از وجود همزمان ارتباط پسین و پیشین.

براساس این دیدگاه دوگانگی نفتی هنگامی رخ می‌دهد که ارتباط پسین یا پیشین یا هر دو قطع شود.

حال با توجه به مفهوم دوگانگی نفتی به بررسی ساختار اقتصاد ایران می‌پردازیم. ایران نیز یکی از کشورهای در حال توسعه‌ای است که با مشکل دوگانگی نفتی روبه‌رو است

به طور کلی ارتباط بخش نفت و کل اقتصاد در ایران از دو کانال صورت می‌گیرد:

- ارتباط مستقیم: که شامل جریان کالا و خدمات بین بخش نفت و سایر بخش‌های اقتصادی می‌باشد.
- ارتباط غیر مستقیم: که شامل جریان مبادله ارز بین بخش نفت و سایر بخش‌های اقتصادی می‌باشد.

از میان این دو نوع ارتباط، ارتباط مستقیم که شامل ارتباط پسین و پیشین است بسیار ضعیف و عملاً قطع بوده ارتباط غیر مستقیم این بخش از اقتصاد از اهمیت بیشتری برخوردار است که این ارتباط بیشتر از طریق تامین ارز از طرف بخش نفت برای بخش سنتی اقتصاد ایران صورت می‌گیرد. که باعث می‌شود عملکرد بخش نفت به شدت فعالیت سایر بخش‌ها را تحت تاثیر قرار دهد.

عوامل متعددی در تشدید این وابستگی وجود دارد که مهمترین عامل در این زمینه دخالت دولت به عنوان عامل اصلی تخصیص منابع در اقتصاد ایران می‌باشد.

روند الگو سازی در ایران

استفاده از الگوی اقتصاد سنجی کلان در کشورهای توسعه یافته نظیر هلند، امریکا، کانادا و شروع شد که به خاطر مزایای آن در برنامه ریزی سایر کشورها هم به استفاده از الگوهای اقتصاد سنجی گرایش پیدا کردند.

اولین الگوی اقتصاد سنجی کلان برای ایران در سال ۱۳۴۷ توسط "آنکتاد" تهیه شده است. پس از تهیه شدن اولین الگوی کلان برای اقتصاد ایران، الگوهای کلان سنجی متفاوتی

تا به امروز برای اقتصاد ایران تهیه و ارائه شده است که هر یک با توجه به فرض‌های اساسی، تمرکز بر جنبه‌های خاص از اقتصاد، دوره آماری مورد استفاده و اندازه الگو از یکدیگر متفاوت بوده و دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشند. این الگوها را در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان به هر دو گروه تقسیم کرد:

گروه اول الگوهای ساخته شده توسط سازمانها و نهادهای دولتی یا بین‌المللی که برای نمونه می‌توان به الگوهای ساخته شده توسط انکتاد لینگ، لونی، آپادانا، برنامه‌های توسعه و... اشاره نمود. گروه دوم الگوهای ساخته شده توسط افراد حقیقی می‌باشد که برای نمونه می‌توان به الگوهای ساخته شده توسط شیرین بخش، شهشهانی، طبیبیان، بیدآباد، امامی و... اشاره نمود (جهت اطلاع بیشتر می‌توان به منابع ۲۹، ۳۰، ۲۸، ۲۷، ۲۰، ۱۹ مراجعه نمود).

۳) انتخاب مدل و شبیه‌سازی

همان‌طور که قبلاً هم گفته شد در این تحقیق سعی بر آن است که با انتخاب یکی از مدل‌های موجود، اثر قیمت نفت روی متغیرهای تولید و نقدینگی مورد مطالعه قرار گیرد. برای این تحقیق از میان مدل‌های موجود، مدل خیابانی-خشادوریان انتخاب می‌گردد. دلایل انتخاب این مدل عبارت است از:

۱) این مدل از لحاظ اندازه، مدلی متوسط است لذا کلیت مدل‌های کوچک و پیچیدگی

مدل‌های بزرگ را ندارد (مراجعه شود به پیوست روند مدل‌سازی در ایران).

۲) در این مدل اثر قیمت نفت بر روی بخش‌های مختلف اقتصاد ایران دیده شده است

(مراجعه شود به پیوست ۲).

۳) این مدل یکی از جدیدترین مدل‌های متوسط برای اقتصاد ایران می‌باشد (مراجعه

شود به پیوست روند مدل‌سازی در ایران).

۴) این مدل دو بخش تولید و نقدینگی را که هدف این تحقیق می‌باشد با جزئیات مورد مطالعه قرار داده است (مراجعه شود به پیوست ۲).

۵) این مدل بخش‌های مختلف اقتصاد را با توجه به ساختار اقتصاد ایران مورد توجه قرار داده و به یکدیگر مربوط نموده است (مراجعه شود به پیوست ۲).

۶) در این مدل دوگانگی ارزی دیده شده است (مراجعه شود به پیوست ۲).

دوره مورد مطالعه و سال پایه

در مدل اصلی دوره مورد مطالعه از ۱۳۳۸ تا ۱۳۷۵ و به صورت سالانه در نظر گرفته شده است. این امر سبب شده محقق در فرآیند مدل‌سازی خود با نوساناتی چون شوک اول، دوم و سوم نفتی، جنگ مواجه شده و برای توصیف هر کدام یک متغیر مجازی لحاظ کند؛ در این تحقیق برای دوری از این نوسانات دوره مورد مطالعه ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ و به صورت فصلی در نظر گرفته می‌شود. به علاوه سال پایه برای داده‌ها با قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ انتخاب می‌گردد.

ساده سازی مدل

مدل مورد استفاده از ۲۵ معادله رفتاری و ۳۷ اتحاد تشکیل شده است. در اینجا برای استفاده از این مدل یک رشته ساده‌سازی صورت می‌گیرد که انواع این ساده‌سازی‌ها در چهار گروه اصلی زیر قرار می‌گیرند:

- متغیر موجود در مدل هدف تحقیق نیست، لذا تمامی عوامل موثر بر روی آن متغیر را نادیده گرفته و خود متغیر برون‌زا در نظر گرفته می‌شود.

- کاهش تعداد متغیرهای برون‌زا: مثلاً عوامل موثر روی پایه پولی شامل بدهی دولت به بانک مرکزی، بدهی بانکها به بانک مرکزی، سایر دارایی‌های بانک مرکزی و دارایی‌های خارجی بانک مرکزی می‌باشد که در اینجا سه مورد اول تحت عنوان سایر دارایی‌های بانک مرکزی در یک گروه قرار می‌گیرند.

- نبودن آمار: مثلاً در حساب‌های ملی ایران آمار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دولتی به صورت فصلی و جداگانه وجود ندارد و فقط سرمایه‌گذاری کل به صورت فصلی موجود است این امر سبب می‌شود که در فرآیند ساده سازی فقط سرمایه‌گذاری کل مورد استفاده قرار بگیرد.

- دوره مطالعه در این تحقیق مجموعه آمار فصلی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ می‌باشد لذا متغیرهایی از مدل اصلی که در خارج این دوره قرار می‌گیرند از مدل حذف شده‌اند، مانند متغیر مجازی شوک اول نفتی.

براساس این دسته بندی فرآیند ساده‌سازی به شرح زیر خواهد بود:

- کل ساختار درآمدی - هزینه‌ای دولت که در مدل اصلی در نظر گرفته شده است برای محاسبه کسری بودجه دولت بوده است که روی پایه پولی اثر می‌گذاشته است اما از آنجا که در این تحقیق از داده‌های فصلی ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ استفاده می‌شود علت اصلی افزایش پایه پولی در این دوره، افزایش دارایی‌های خارجی بانک مرکزی می‌باشد؛ لذا کل ساختار درآمدی و هزینه‌ای دولت را حذف کرده (بجز مالیات مستقیم که روی درآمد قابل تصرف اثر دارد) و اولاً کسری بودجه دولت را برون‌زا در نظر می‌گیریم؛ ثانياً کسری بودجه دولت به بدهی دولت به بانک مرکزی تغییر محتوا می‌دهد. از طرفی برای کاهش تعداد متغیرهای برون زای مدل سه متغیر بدهی دولت به بانک مرکزی، بدهی بانکها به بانک مرکزی و سایر دارایی‌های بانک مرکزی را در یک گروه تحت عنوان سایر دارایی‌های بانک مرکزی قرار داده که با این کار متغیر بدهی دولت به بانک مرکزی از مدل حذف می‌گردد.

- چون از داده‌های فصلی ۸۵ - ۱۳۸۰ استفاده می‌کنیم کلیه متغیرهای مجازی که قبل از تاریخ ۱۳۸۰ قرار می‌گیرند را حذف می‌کنیم؛ این متغیرها عبارتند از: متغیر

مجازی جنگ، متغیر مجازی انقلاب، متغیر مجازی انقلاب که روی شیب اثر می‌گذارد، متغیر مجازی اولین شوک نفتی.

- در مدل اصلی عوامل موثر روی ضریب نقدینگی نسبت اسکناس و مسکوک به کل سپرده‌های دیداری، نسبت ذخایر آزاد بانکها به کل سپرده‌های دیداری، نرخ ذخیره قانونی و نسبت سپرده‌های مدت‌دار به کل سپرده‌های دیداری تعریف شده است. اما بررسی ترازنامه بانک مرکزی نشان می‌دهد که از سال ۱۳۸۰ بانک مرکزی، عوامل موثر روی ضرایب نقدینگی را نسبت اسکناس و مسکوک به کل سپرده‌ها، نسبت ذخایر آزاد بانکها به کل سپرده‌ها و نرخ ذخیره قانونی تعریف نموده است براین اساس سه نسبت آخر تحت عنوان عوامل موثر روی ضریب نقدینگی در نظر گرفته شده و نسبت سپرده‌های مدت‌دار به کل سپرده‌های دیداری از مدل حذف می‌گردد.

- در حسابهای ملی ایران آمار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دولتی به صورت فصلی و جداگانه وجود ندارد و فقط سرمایه‌گذاری کل به صورت فصلی موجود است از آنجا که متغیر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی از متغیرهای مورد مطالعه این تحقیق نمی‌باشد لذا در فرآیند ساده‌سازی متغیر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی را برون‌زا گرفته آن را با سرمایه‌گذاری بخش دولتی تجمیع نموده و سرمایه‌گذاری کل را تشکیل می‌دهیم .

- نرخ ارز رسمی در مدل اصلی متغیر درون‌زا است. اما از آنجا که در اقتصاد ایران این متغیر توسط بانک مرکزی تعیین می‌شود لذا در عمل متغیری برون‌زا می‌باشد. بر این اساس در فرآیند ساده‌سازی مدل، نرخ ارز رسمی برون‌زا در نظر می‌شود.

- در زمان ساخت مدل اصلی به علت پایین بودن قیمت نفت تمامی درآمد نفتی دولت از طریق مجرای دارایی‌های خارجی بانک مرکزی وارد پایه پولی می‌شده و باقی

کسری بودجه دولت از طریق استقراض از بانک مرکزی تامین می‌گردد اما از سال ۱۳۸۱ به علت افزایش قیمت نفت تمامی درآمد نفتی وارد پایه پولی نمی‌شود لذا برای تصحیح مدل متغیری به نام esf_t که ماهیت stock دارد به صورت زیر وارد مدل می‌گردد:

$$Cbfa_t = cbfa_{t-1} + bp_t - [esf_t - esf_{t-1}]$$

روابط مدل ساده شده و شماتیک آن در پیوست موجود است.

پیش بینی متغیرهای برون زا

با ساده‌سازی مدل مشاهده می‌شود که تعدادی از متغیرهای سیستم برون‌زا می‌باشند که نیاز به پیش بینی آنها است. در مورد متغیرهای برون‌زا مدل از آنجا که بعضی از این متغیرها دارای نوسانات شدید بودند. تخمین و در نتیجه پیش‌بینی آنها ساده نمی‌باشد، در این مورد برای رفع مشکل از آن متغیر (در صورت امکان) یک متغیر stock ساخته شده سپس stock آن متغیر برون‌زا برای بررسی رفتار آن متغیر مورد استفاده قرار گرفته است؛ برای مثال برای متغیر سرمایه‌گذاری کل (I) ابتدا یک stock به صورت ISK ساخته و این ISK مورد تخمین قرار می‌گیرد و سپس سرمایه‌گذاری به صورت $ISK - ISK_{t-1}$ به دست می‌آید.

با این تذکر نتایج تخمین متغیرهای برونزا به صورت زیر حاصل می‌گردد :

تخمین برونزا	Adjusted R-squared
$Bktp\$sk = -1734.66 + 156.32 * t^2 - 5.15 * t^3$	97%
$Cbnoa = 4286527 - 384414.2 * t + 8417.31 * t^2$	92%
$\text{Log}(Ct) = 12.005 + 0.08 * t$	93%
$\text{Depesk} = 12620.1 + 1.01 * \text{depeesk}(-1)$	99%
$\text{Log}(Esf\$) = 12.74 - 0.73 * t + 0.05 * t^2 - 0.009 * t^3$	91%
$\text{Gensk} = 10268.2 + 1.01 * \text{gensk}(-1)$	99%
$\text{Isk} = 32553.37 + 1.01 * \text{isk}(-1)$	99%
$\text{Oilsk} = -137.48 + 232.21 * t$	99%
$\text{Oxr} = 8024.16 - 92.43 * t + 15.06 * t^2 - 0.38 * t^3$	99%
$\text{Pwi} = 104.66 + 0.57 * t$	98%
$\text{Pop} = -3372.37 + 1.055 * \text{pop}(-1)$	97%
$\text{Pxno} = 248.78 - 10.81 * t + 1.66 * t^2 - 0.03 * t^3$	97%
$\text{Rr} = 18.35 - 0.27 * t + 0.00023 * t^3$	97%
$\text{Td} = -571.1 + 0.2 * \text{td}(-1) + 856.6 * t$	75%
$\text{Xorsk} = 9455.3 + 0.99 * \text{xorsk}(-1)$	99%
$\text{Log}(pm) = 1.2 * \text{log}(pm(-1)) - 0.31 * \text{log}(pm(-2))$	78%

جدول ۱: تخمین متغیرهای برونزا

تخمین مدل

با توجه به اینکه مدل پیش رویک سیستم معادلات همزمان می‌باشد، لذا برای دوری از تورش ضرایب هنگام تخمین به جای استفاده از روش ols باید یکی از روش‌های تخمین سازگار با سیستم معادلات همزمان بکار گرفته شود. روش تخمین انتخاب شده در اینجا روش 3sls می‌باشد.

یکی از نکات مهم در تخمین سیستم معادلات همزمان به روش 3sls انتخاب متغیرهای ابزاری می‌باشد. بر اساس مبنای اقتصاد سنجی بهترین متغیر ابزاری متغیرهای از پیش تعیین شده موجود در معادلات رفتاری سیستم می‌باشد. که در این مدل این متغیرها عبارتند از:

Ee2(-1), erp(-1), pci (-1), pdd(-1), ms (-1), mr(-1) , xnr(-1), yd(-1), co(-1), ct, oxr, rr, pop, pm. Pwi, pxno

با توجه به انتخاب روش تخمین (3sls) و متغیرهای ابزاری با تخمین مدل مشاهده می‌شود که چهار متغیر زیر از لحاظ آماری رد شده‌اند:

در معادله مصرف متغیر $yd(-1)$.

در معادله نسبت اسکناس به کل سپرده متغیر $1 + pci/pci - rlt$.

در معادله شاخص واردات متغیر atr .

در معادله نسبت ذخایر آزاد به کل سپرده متغیر xnr .

این چهار متغیر را از مدل حذف نموده و مجدداً سیستم را تخمین می‌زنیم.

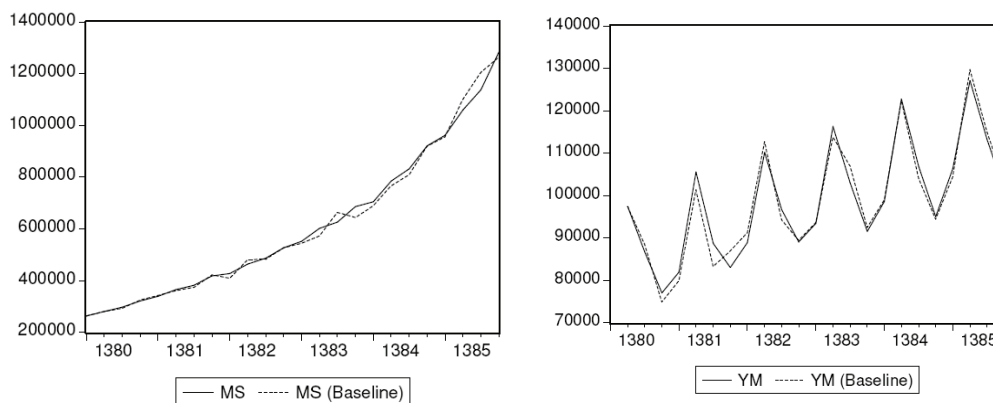
تعیین دقت مدل

حال قبل از به کارگیری نتایج شبیه سازی لازم است دقت این شبیه سازی مورد ارزیابی قرار گیرد، به بیان دیگر باید میزان تفاوت مقادیر واقع شده برای متغیرها را با مقادیر شبیه سازی شده مقایسه نمود؛ برای این مقایسه روش‌های متفاوتی وجود دارد. از جمله مقایسه هندسی، mae , mpe , mse , $rmse$, $rmspe$ که از این میان روش $rmspe$ از بالاترین دقت برخوردار می‌باشد که آن را بر می‌گزینیم. براساس روش $rmspe$ میزان تفاوت بین مقادیر واقعی و شبیه سازی شده (به صورت درصد) در جدول زیر آورده شده است:

نام	Co	Xnr	Mr	Pdd	Pci	Pmi	Erp	Ms	Mm	Kk2	Ee2	Ym
Rmspe(%)	6.28	17.7	8.89	14.40	7.35	4.58	1.05	3.03	6.40	11.07	12.15	2.59

جدول ۲: درصد خطای تخمین

به علاوه دقت تخمین برای دو متغیر مورد مطالعه یعنی تولید و نقدینگی به روش هندسی نیز مورد ارزیابی قرار می گیرد:



نمودار ۱: مقایسه هندسی مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی برای تولید و نقدینگی (واحد میلیارد ریال - ماخذ: نماگرهای اقتصادی بانک مرکزی)

که مقایسه هندسی مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی نیز دقت تخمین را تایید می‌کند. بر این اساس می‌توان به این شبیه‌سازی اتکا کرده و به بررسی اثر قیمت نفت روی تولید و نقدینگی پرداخت.

اعمال شوک

اثر قیمت نفت روی دو متغیر تولید و نقدینگی در این تحقیق از طریق اعمال یک شوک از طرف قیمت نفت روی این دو متغیر مورد مطالعه می‌گیرد برای این منظور فرض می‌کنیم:

همه متغیرهای برون‌زا مدل بجز قیمت نفت از روند گذشته خود پیروی می‌کنند.

قیمت نفت که برای آخرین مشاهده (۴q۱۳۸۵) برابر ۶۷ دلار بود تا حدود دو برابر یعنی ۱۲۰ دلار افزایش داده شد.

براساس این فروض به حل مدل می‌پردازیم که نتایج آن برای دو متغیر مورد مطالعه به صورت زیر حاصل می‌گردد.

$$۱۲۲۰۶۲/۵ = \text{تولید برای فصل اول } ۱۳۸۶ \text{ (میلیارد ریال)}$$

$$۱۸۴۶۳۸۹ = \text{نقدینگی برای فصل اول } ۱۳۸۶ \text{ (میلیارد ریال)}$$

اثر شوک روی تولید

برای بررسی اثر شوک روی تولید باید تولید دوره شوک را با تولید دوره قبل آن مقایسه می‌کنیم برای مطالعه دقیق‌تر دوره قبل متوسط تولید چهار فصل آخر در نظر گرفته می‌شود:

$$۱۲۲۰۶۲/۵ = \text{تولید در دوره شوک (میلیارد ریال)}$$

$$۱۱۱۹۹۰ = \text{متوسط تولید در چهار فصل آخر (میلیارد ریال)}$$

مشاهده می‌شود که تحت تاثیر شوک، تولید ۹٪ رشد داشته است که اگر این مقدار را با متوسط رشد تولید برای چهار فصل آخر که برابر ۲/۵۱ درصد است مقایسه کنیم، مشاهده می‌کنیم که تولید از شوک نفتی به شدت تاثیرپذیر است.

برای مطالعه ریزتر اثر شوک نفتی روی تولید باید تاثیر شوک را روی اجزای تولید مورد مطالعه قرار داد.

از آنجایی که دو متغیر سرمایه‌گذاری و مخارج مصرفی دولت در طول یک فصل تغییر شدیدی نمی‌توانند بکنند (سرمایه‌گذاری به خاطر نیاز و به زیر ساخت‌ها و مخارج مصرفی دولت به خاطر رفتار چسبنده آن) لذا فقط سه جزء دیگر تولید یعنی مصرف بخش خصوصی، صادرات و واردات مورد مطالعه قرار می‌دهیم در اینجا نیز مجدداً دوره قبل را متوسط چهار فصل آخر در نظر گرفته می‌شود:

براساس نتایج به دست آمده مشاهده شد که تحت تاثیر شوک نفتی مصرف بخش خصوصی ۲۴/۱٪، واردات ۱۵/۹٪ و صادرات ۹/۱٪- رشد از خود نشان می دهند که بیانگر این واقعیت است که این سه جزء نیز به شدت از شوک نفتی تاثیر پذیر می باشند.

اثر شوک روی نقدینگی

در اینجا هم برای بررسی اثر قیمت نفت روی نقدینگی لازم است که میزان نقدینگی دوره شوک با دوره قبل مقایسه شود که در اینجا چون متغیر عرضه پول یک متغیر stock است دوره قبل فقط فصل ۴ سال ۸۵ انتخاب می شود بر این اساس:

$$۱۲۸۴۱۹۹ = \text{نقدینگی در فصل چهارم } ۱۳۸۵ \text{ (میلیارد ریال)}$$

$$۱۸۴۶۳۸۹ = \text{نقدینگی در دوره شوک (میلیارد ریال)}$$

مقایسه مقدار نقدینگی در این دوره نشان می دهد که تحت تاثیر شوک، عرضه پول معادل ۴۳/۷۸ درصد رشد داشته که بیانگر تاثیر پذیری شدید نقدینگی از شوک نفتی در اقتصاد ایران می باشد.

برای بررسی اینکه چه عواملی سبب این تاثیر پذیری شدید شده اند، باید عوامل موثر روی نقدینگی را مورد مطالعه قرار داد. همان طور که مدل نشان می دهد، عوامل موثر روی نقدینگی پایه پولی و ضریب نقدینگی می باشد. تحت تاثیر شوک پایه پولی معادل ۳۱/۹ و ضریب فزاینده نقدینگی معادل ۸/۹۳ رشد پیدا میکند که نشان می دهد مهمترین عامل اثر پذیری نقدینگی از شوک نفتی رشد بالای پایه پولی می باشد.

در مورد پایه پولی همان طور که مشاهده می شود دو عامل روی آن اثر می گذارد دارایی های خارجی بانک مرکزی و سایر دارایی های بانک مرکزی که از میان این دو دارایی های خارجی بانک مرکزی با رشد ۱۶/۴۶ درصد مهم ترین عامل رشد پایه پولی ناشی از شوک نفتی می باشد.

در مورد ضریب فزاینده نقدینگی همان طور که دیدیم سه عامل نسبت منابع آزاد بانکها به کل سپرده، نسبت اسکناس در دست مردم به کل سپرده و متوسط نرخ ذخیره قانونی روی این ضریب اثر گذار می‌باشند که از میان آنها نسبت اسکناس در دست مردم به کل سپرده با رشد ۴۱/۳۵- درصد مهمترین عامل رشد ضریب فزاینده نقدینگی ناشی از شوک نفتی می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

هدف از این تحقیق بررسی اثر افزایش قیمت نفت بر روی متغیرهای تولید و نقدینگی در اقتصاد ایران توسط یک مدل می‌باشد. برای این منظور از میان مدل‌های کلان‌سنجی ساخته شده تا کنون برای اقتصاد ایران مدل خیابانی - خشادوریان انتخاب و بعد از یک رشته ساده سازی این اثر توسط یک شوک از طرف قیمت نفت روی این دو متغیر مورد بررسی قرار گرفت.

دوره مورد مطالعه در این تحقیق ۸۵-۱۳۸۰ و به صورت فصلی انتخاب گردید به علاوه با توجه به همزمان بودن معادلات مدل روش 3Sls برای تخمین ضرایب انتخاب شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شوک نفتی، تولید و اجزای آن را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد؛

در مورد نقدینگی نیز شوک نفتی نقدینگی را به شدت متاثر می‌کند که در اقتصاد ایران مهمترین جزء اثر پذیر نقدینگی از شوک پایه پولی می‌باشد.

در مورد پایه پولی مهمترین جزء اثر پذیر دارایی‌های خارجی بانک مرکزی و در مورد ضریب فزاینده نقدینگی مهمترین جزء اثر پذیر نسبت اسکناس و مسکوک به کل سپرده‌ها می‌باشد.

منابع و مأخذ:

الف- منابع فارسی:

- ۱- درگاهی، حسن و پرخیده احمد، (۱۳۸۵)، "نقش و اهمیت شوکهای کلان و بخشی بر ادوار تجاری رشته فعالیتهای مختلف صنعت ایران"، پژوهشهای اقتصادی ایران، تابستان، شماره ۲۷ ص ۱-۳۱
- ۲- مهرار، محسن و نیکی اسکویی، کامران، (۱۳۸۵)، "تکانه های نفتی و اثرات پویای آن بر متغیر های کلان اقتصادی"، پژوهش نامه بازرگانی، پاییز، شماره ۴۰ ص ۱-۳۲.
- ۳- رضایی، حسین و مولایی، محمد علی، (۱۳۸۴)، "ارزیابی نوسانات قیمت نفت بر نرخ ارز" پژوهش ها و سیاستهای اقتصادی، بهار، شماره ۳۳ ص ۷۲-۵۹.
- ۴- منظور، داود، (۱۳۸۱)، "تاثیر نوسانات قیمت نفت بر متغیرهای کلان اقتصادی ایران: رویکرد VaR"، فصلنامه پژوهش، دانشگاه امام صادق (ع)، زمستان، شماره ۱۶ ص ۴۷۱-۷۴۱.
- ۵- مهدوی، ابوالقاسم، (۱۳۷۹)، "پیشنهاد یک مدل کلان رشد برای اقتصاد ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، بهار و تابستان، شماره ۵۶ ص ۱-۳۸.
- ۶- صمدی، سعید و جلائی، عبدالمجید، (۱۳۸۳)، "تحلیل ادوار تجاری در اقتصاد ایران"، مجله تحقیقات اقتصادی، پاییز، شماره ۱۳۹ ص ۶۶-۱۵۳.
- ۷- منجذب، محمد رضا، (۱۳۸۳)، "تحلیل نوسانها در اقتصاد ایران بر مبنای ادوار تجاری و گونگی مدیریت آنها"، پژوهشها و سیاستهای اقتصادی، تابستان، شماره ۲۹ ص ۳۰-۵۳.

- ۸- غروی نخجوانی، احمد، (۱۳۸۱)، "نقش درآمدهای نفتی در تامین منابع سرمایه گذاری ایران"، پژوهش نامه اقتصادی، بهار، جلد ۲، شماره ۲۳۷ ص ص ۲۵۳-۱.
- ۹- طیب نیا، علی، (۱۳۸۵)، "نقش تکانه های نفتی در چرخه های تجاری اقتصاد ایران"، پژوهش های اقتصادی، زمستان، شماره ۲۳ ص ص ۸۰-۴۹.
- ۱۰- ابریشمی، حمید و محسنی، رضا، (۱۳۸۱)، "نوسانات صادرات نفتی و رشد اقتصادی"، پژوهش های اقتصادی ایران، زمستان، شماره ۱ ص ص ۳۲-۱۳.
- ۱۱- خوش اخلاق، رحمان و موسوی محسنی، رضا (۱۳۸۵)، "شوک نفتی و پدیده بیماری هلندی در اقتصاد ایران: یک الگوی محاسبه پذیر تعادل عمومی"، تحقیقات اقتصادی، بهمن و اسفند، شماره ۹۷ ص ص ۱۱۷-۷۷.
- ۱۲- متوسلی، محمود و معصومه فولادی، (۱۳۸۵)، "بررسی آثار افزایش قیمت نفت بر تولید ناخالص داخلی و اشتغال در ایران با استفاده از یک مدل تعادل عمومی"، مجله تحقیقات اقتصادی، آذر و دی، شماره ۵۱ ص ص ۹۶-۷۶.
- ۱۳- عزتی، مرتضی، (۱۳۷۶)، روش تحقیق در علوم اجتماعی، تهران: موسسه تحقیقاتی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۴- همتی، عبدالناصر، (۱۳۷۴)، اقتصاد نفت، تهران: صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران انتشارات سروش.
- ۱۵- مجید احمدیان، (۱۳۷۸)، اقتصاد نظری و کاربردی نفت، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشکده اقتصاد.
- ۱۶- برگین، دانیل، (۱۹۹۳)، تاریخ جهانی نفت، ترجمه: غلام حسن صلاحیار، تهران؛ اطلاعات، ۱۳۷۶.

- ۱۷- برانسون، ولیام، (۱۹۸۱)، تئوری ها و سیاستهای اقتصاد کلان، ترجمه: عباس شاکری، تهران: نشر نی، ۱۳۸۶.
- ۱۸- خشادوریان، ادموند و خیابانی، ناصر، (۱۳۸۰)، طرح یک الگوی کلان سنجی پویا برای سیاستگزاری در اقتصاد ایران، تهران، انتشارات پایگان.
- ۱۹- نوفرستی، محمد و عرب مازار، عباس، (۱۳۷۳)، بررسی ساختار الگوی اقتصاد سنجی کلان ایران، تهران: معاونت امور اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی.
- ۲۰- نوفرستی، محمد، (۱۳۷۸)، ریشه واحد و همجمعی در اقتصاد سنجی، تهران: موسسه خدمات فرهنگی رسا.
- ۲۱- گجراتی، دامودار، (۱۹۹۸)، مبانی اقتصاد سنجی، ترجمه: ابریشمی، حمید، (۱۳۸۱)، تهران: موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ سوم، دو جلد، تابستان.
- ۲۲- گزارش اقتصادی و ترازنامه بانک مرکزی، اداره بررسی ها و سیاستهای اقتصادی بانک مرکزی، دوره ۱۳۴۸-۱۳۸۰.
- ۲۳- نماگرهای اقتصادی، اداره بررسی ها و سیاستهای اقتصادی بانک مرکزی، دوره ۱۳۸۵-۱۳۸۰.
- ۲۴- مجله بانک مرکزی، اداره بررسی ها و سیاستهای اقتصادی بانک مرکزی، شماره ۴۶-۴۰.
- ۲۵- بیدآباد، بیژن، (۱۳۸۳)، الگوی اقتصادسنجی کلان ایران، تهران: پژوهشکده پولی و بانکی.
- ۲۶- سازمان برنامه و بودجه، معاونت امور اقتصادی و هماهنگی دفتر اقتصاد کلان، (۱۳۷۳)، مستندات برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، تهران: سازمان برنامه و بودجه مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و انتشارات.
- ۲۷- سازمان برنامه و بودجه، معاونت امور اقتصادی و هماهنگی دفتر اقتصاد کلان، (۱۳۷۸)، مستندات برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، تهران: سازمان برنامه و بودجه مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و

انتشارات.

۲۸- سازمان برنامه و بودجه ، معاونت امور اقتصادی و هماهنگی دفتر اقتصاد کلان،(۱۳۸۳)، مستندات برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، تهران:سازمان برنامه و بودجه مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی و انتشارات.

۲۹- درخشان، مسعود،(۱۳۷۴)، اقتصاد سنجی جلد اول تک معادلات با فروض کلاسیک، تهران: انتشارات سمت.

۳۰- طبیبیان، محمد،(۱۳۷۷)، اثر تزریق منابع ارزی (ایجاد بدهیهای ارزی طی برنامه اول و بازپرداخت آن در سالهای بعد) بر متغیرهای کلان اقتصاد، تراز ارزی و شکل گیری بخشهای عمده اقتصاد کشور، تهران: موسسه تحقیقات پولی و بانکی.

ب- منابع انگلیسی:

- 31- Hamilton.J(1983);"oil and the macroeconomy since world warII,journal of political economy" , 91pp228-248.
- 32- Harrison, A and Burbridge,j(1984);"Testing for the effect of oil price rise,using vector auto regression;international economy review" ,vol 25.
- 33- Mork,knut anton(1989);"Oil and the macroeconomy when price go up and down;and extention of hamilton's result" ;journal of political economic , pp740-744.
- 34- Mory,j.f(1993);"Oil price and economy activity is the relation symetric;energy" jounal vol 104.
- 35- Christian bjournald H.(2000);"The dynamic effect of AD,supply and oil price shocks – A comperative study"; the manchester school ,vol 68,no.5.

-
- 36- Rebeca Jimenes,Rodrigues and Marcelo Sanchez(2004);"Oil price shock and real GDP growth empirical evidence for some OECD countries";social science research network : working paper 362.
 - 37- Hooker,Mark.A;"What happened to the oil price ,macroeconomy relation ship" ;journal of monetary economics 1996,p:195-213.
 - 38- Taher(1987);"World oil price shocks and the saudi arabian economy:A macroconometricsimulation;the ph.d thesis from the faculty of graduate studies",university of colorado.
 - 39- Al mutawa(1992);"A macro policy response to oil booms and bustsin the united arab emirates".a ph.d thesis at the faculty of georgetown university.agust1991.
 - 40- Al mautairi(1993);"Determine the source of output fluctuation in Kuwait ";finance and industrial vol:11.
 - 41- Nagy eltony,M.(2002);"Oil price fluctuation and the impact on the macroeconomic variables of kuwait: a case study using var model for Kuwait"; econpapers .repec.org /paper/apiapiwps:9908.
 - 42- Johnston Jack,Dinardo john(1997);conometric methods;mcgraw-hill,4eddition.
 - 43- Sterman D.John(2000);Business dynamics systems thinking and modeling for complex world;Mc graw-Hill

پیوست ها

(پیوست یک)

نام متغیر های بعد از ساده سازی مدل

توجه شود که :

R6 مخفف میلیون ریال است؛ R9 مخفف میلیارد ریال است. ج: جاری؛ ث: ثابت

\$6 مخفف میلیون دلار است. \$9 مخفف میلیارد دلار است.

نام متغیر	توضیح	نام متغیر	توضیح
Atr	نرخ تعرفه برای کالاهای وارداتی	Esf\$,,\$6	آن بخش از درآمد ارزی که وارد پایه پولی نمی شود/ج
Bktp\$,,\$6	مجموع حساب انتقال سرمایه و انتقالات/ج	Gensk,,R9	انباره مخارج مصرفی دولت/ث
Bp\$,,\$6	تراز پرداخت/ج	Kk2	نسبت اسکناس در دست مردم به کل سپرده ها
Ca\$,,\$6	حساب جاری/ج	M\$,,\$6	واردات کل/ج
Cbfa,,R9	دارایی خارجی بانک مرکزی/ج	Mb,,R9	پایه پولی
Cbfa\$,,\$6	دارایی خارجی بانک مرکزی/ج	Mm	ضریب تکاثر نقدینگی
Cbnoa,,R9	پایه پولی منهای دارایی های خارجی با تک مرکزی/ج	Mr,,R9	واردات کل/ث
Co,,R9	مصرف خصوصی/ث	Mrn,,R9	واردات کل/ج
Ct,,R9	مانده کل تسهیلات اعطایی بانکها به مردم/ج	Ms,,R9	عرضه پول (نقدینگی)/ج
Ee2	نسبت منابع آزاد بانکها به کل سپرده	Oxr,,R	نرخ ارز رسمی/ج
Isk,,R9	انباره سرمایه گذاری/ث		
Erp,,R	نرخ ارز غیر رسمی	Pdd	شاخص ضمنی gdp به قیمت بازار
Depesk,,R9	انباره استهلاك سرمایه/ث	Pm	شاخص ضمنی کالاها و خدمات وارداتی
Pci	شاخص بهای خرده فروشی/به ثابت ۷۶	T	متغیر روند
Pxno	شاخص ضمنی صادرات غیر نفتی/به ثابت ۷۶	Td,,R9	مالیات مستقیم/ج
Proilb,,,\$	متوسط قیمت هر بشکه نفت صادراتی/ج	Xnr,,R9	صادرات غیر نفتی/ث
Pmi	شاخص بهای کالاها و خدمات وارداتی/به ثابت ۷۶	Xo\$,,\$6	صادرات نفت و گاز/ج
Pwi	شاخص بهای خرده فروشی ۲۴ کشور صنعتی / به ثابت ۷۶	Xr,,R9	صادرات کل/ث
Pop هزار نفر	کل جمعیت کشور	Xorsk,,R9	انباره صادرات نفت و گاز/ث
Rlt	متوسط نرخ سود سپرده های بلند مدت	Yd,,R9	درآمد قابل تصرف/ث
Rr	متوسط نرخ ذخیره قانونی	Ym,,R9	Gdp به قیمت بازار/ث

(پیوست دو)

روابط بین متغیرها در مدل ساده شده

$$\begin{aligned}
ym &= co + (isk - isk(-1)) + (gensk - gensk(-1)) + xr - mr \\
yd &= ym - depesk - td / pdd * 100 - \log(pdd / pdd(-1)) * (ms / pdd * 100) \\
xr &= xnr + (xorsk - xorsk(-1)) \\
mb &= mb(-1) + (cbfa - cbfa(-1)) + (cbnoa - cbnoa(-1)) \\
mrn &= (pm * mr) / 100 \\
m\$ &= (mrn / oxr) * 1000 \\
ca\$ &= (pxno * xnr / oxr) * 10 + xo\$ - m\$ \\
bp\$ &= ca\$ + (bktp\$sk - bktp\$sk(-1)) \\
cbfa\$ &= cbfa\$(-1) + bp\$ - (esf\$ - esf\$(-1)) \\
cbfa &= (oxr * cbfa\$) / 1000 \\
xo\$ &= (oilxsk - oilxsk(-1)) * proilb \\
\log(co) &= c(1) + c(2) * \log(yd) + c(3) * \log(co(-1)) + c(4) * \log(ms / pci * 100) \\
\log(xnr) &= c(5) + c(6) * \log(xnr(-1)) + c(7) * \log(pxno / pci) + c(8) * \log(ym) + c(9) * t \\
\log(mr) &= c(10) + c(11) * \log(mr(-1)) + c(12) * \log(pmi / pci) + c(13) * \log(ym) + c(14) * \log(mr(-2)) + c(15) * (cbfa\$(-1) / (pwi(-1) * 100)) + c(16) * t \\
\log(pdd) &= c(17) + c(18) * \log(ms / pdd * 100) + c(19) * \log(ym) + c(20) * \log(ms(-1) / pdd(-1) * 100) + c(21) * \log(pdd / pdd(-1)) \\
\log(pci) &= c(22) + c(23) * \log(pdd) + c(24) * \log(pmi) + c(25) * \log(pci(-1)) \\
\log(pmi) &= c(26) + c(27) * \log(pm) + c(28) * \log(erp / oxr) \\
\log(erp) &= c(29) + c(30) * \log(pci / pwi) + c(31) * \log(erp(-1)) + c(32) * t \\
\log(ms) &= c(33) + c(34) * Dlog(mm) + c(35) * Dlog(mb) + c(36) * \log(ms(-1)) \\
\log(mm) &= c(37) + c(38) * \log(kk2) + c(39) * rr + c(40) * \log(ee2) + c(41) * t \\
\log(kk2) &= c(42) + c(43) * \log((yd / pop) * 1000) + c(44) * t \\
\log(ee2) &= c(45) + c(46) * \log(ct) + c(47) * \log(ym / ym(-1)) + c(48) * \log(ee2(-1)) + c(49) * t
\end{aligned}$$

