

# تخمین ارزش اقتصاد غیررسمی در ایران بر مبنای متغیرهای زیست‌محیطی، رهیافت فیلتر کالمن

مجید مداح<sup>۱</sup>

فروغ السادات نوع ایران<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

## چکیده

اقتصاد غیررسمی و یا اقتصاد گزارش‌نشده، یکی از مشکلات کشورهای در حال توسعه است که کارایی فعالیت‌های اقتصادی در بخش رسمی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از آنجا که فعالیت اقتصاد غیررسمی معمولاً با فرار از قوانین و مقررات محیط‌زیست همراه است، این بخش، یکی از عوامل آلوده‌کننده هوا در کشورها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود. از طرف دیگر، حجم فعالیت‌های صنعتی و مساحت جنگل نیز از عوامل مؤثر بر آلودگی هستند. در این مقاله، متغیر پنهان اقتصاد غیررسمی که برابر است با تفاوت تولیدکل و گزارش‌شده، با استفاده از روش فیلتر کالمن و بر مبنای متغیرهای زیست‌محیطی شامل انتشار دی‌اکسیدکربن و مساحت جنگل برای اقتصاد ایران، طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۹ تخمین‌زده شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه بلندمدت و معنی‌داری میان تولیدکل، مساحت جنگل‌ها و تعداد کارگاه‌های صنعتی با انتشار دی‌اکسیدکربن در اقتصاد ایران وجود دارد. این رابطه به ترتیب مستقیم، غیر مستقیم و مستقیم برآورد شده و اندازه ضریب تأثیر سه متغیر فوق‌الذکر بر انتشار دی‌اکسیدکربن به ترتیب برابر با ۰/۵۸۹، ۱/۶۵- و ۰/۰۵۷ است. بر اساس نتایج بدست آمده، تولیدکل برآورد شده، در تمامی سال‌ها از تولید گزارش‌شده بیش‌تر است که بر این اساس، وجود اقتصاد غیررسمی در ایران، تأیید می‌شود. سهم اقتصاد غیررسمی از تولید ناخالص واقعی کشور در سال‌های مورد مطالعه، به‌طور متوسط ۳۵/۶ درصد برآورد شده است.

**واژگان کلیدی:** تولید گزارش‌شده، تولید گزارش‌نشده، اقتصاد غیررسمی، انتشار دی‌اکسیدکربن، جنگل، کارگاه‌های صنعتی، فیلتر کالمن.

**JEL:** O17, Q59, C52.

۱. استادیار دانشگاه سمنان، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، Email: majid.maddah@profs.semnan.ac.ir

۲. کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری دانشگاه سمنان، Email: forough\_2004\_n@yahoo.com

## ۱. مقدمه

یکی از مسائل مهم کشورهای در حال توسعه این است که بخشی از فعالیت‌های اقتصادی در حساب‌های رسمی ثبت نمی‌شود<sup>۱</sup> که اقتصاد غیررسمی<sup>۲</sup> نام دارد. ماهیت پنهان فعالیت‌های اقتصادی در بخش غیررسمی موجب پنهان ماندن آمار و اطلاعات فعالیت‌های این بخش و عدم ثبت آن در بخش رسمی کشور می‌شود که این مسأله دولت را در انجام سیاست‌های اقتصادی خود با مشکل مواجه می‌کند. از سوی دیگر با توجه به آن که اقتصاد غیررسمی عمدتاً با فرار مالیاتی<sup>۳</sup> روبرو است، می‌توان گفت: با شکل‌گیری و رشد اقتصاد غیررسمی، درآمدهای مالیاتی دولت کاهش خواهد یافت که در این صورت، منابع کم‌تری برای اجرای سیاست‌های تخصیصی و توزیعی دولت تخصیص می‌یابد و در نتیجه کارایی سیاست‌های اقتصادی دولت کاهش خواهد یافت. قاچاق کالا<sup>۴</sup>، فعالیت‌های غیرقانونی خانوار و عدم رعایت استانداردها و مقررات رسمی در تولید از جمله مصداق‌های اقتصاد غیررسمی در کشورهای در حال توسعه هستند که وجود آن‌ها محدودیت‌هایی را برای تولید کالاها و خدمات در بخش رسمی به وجود می‌آورد و کاهش رشد اقتصادی و یا افزایش بیکاری در بازار رسمی را به همراه دارد. این عوامل نشان می‌دهند که اقتصاد غیررسمی، هزینه‌هایی را بر نظام سیاست‌گذاری وارد می‌کند تا جایی که می‌تواند در برقراری ثبات اقتصادی اختلال ایجاد کند. اقتصاد غیررسمی همانند اقتصاد رسمی با متغیرهای مختلفی مثل آلودگی هوا در ارتباط است. با افزایش فعالیت‌های اقتصاد غیررسمی، مصرف انواع انرژی‌ها افزایش خواهد یافت که بر این اساس انتظار می‌رود با گسترش حجم اقتصاد غیررسمی، مقدار آلودگی هوا نیز افزایش یابد. با توجه به اثرات نامطلوب اقتصاد غیررسمی بر رشد اقتصادی و کارایی سیاست‌های اقتصادی دولت و همچنین اثرات اقتصاد غیررسمی بر متغیرهای زیست‌محیطی مثل آلودگی هوا این سؤال مطرح می‌شود که حجم اقتصاد غیررسمی در اقتصاد ایران بر مبنای متغیرهای زیست‌محیطی چقدر است و چه سهمی از تولید ناخالص داخلی کشور به اقتصاد غیررسمی اختصاص دارد؟ هدف از ارائه این مقاله یافتن پاسخی مناسب به این پرسش است. به این منظور با تعریف اقتصاد غیررسمی به صورت تفاوت میان تولید گزارش شده و کل تولید شامل تولید گزارش شده و گزارش نشده بر مبنای متغیرهای زیست‌محیطی از رهیافت فیلتر کالمن<sup>۵</sup> و آزمون‌های اقتصادسنجی برای برآورد حجم اقتصاد غیررسمی در ایران طی سال‌های (۱۳۸۸-۱۳۵۹) استفاده خواهد شد.

- 
1. Unrecorded Activities
  2. Informal Economy
  3. Tax Evasion
  4. Smuggling
  5. Kalman Filter

## ۲. مروری بر پیشینه تحقیق

مطالعات مختلفی در سطح کشورها در زمینه حجم، علل و آثار اقتصاد غیررسمی انجام شده است. یکی از مطالعات جامع در این حوزه به بررسی‌های توماس اختصاص دارد. وی در یک تقسیم‌بندی کلی، اقتصاد هر کشور را به دو بخش رسمی و غیررسمی تقسیم‌بندی کرد. ملاک این تقسیم‌بندی قابلیت ثبت و گزارش فعالیت‌های اقتصادی به‌طور رسمی است. توماس (۱۹۹۱)<sup>۱</sup> در تعریف اقتصاد غیررسمی اظهار داشته است: کلیه فعالیت‌هایی که به عللی در حساب‌های ملی منظور نمی‌شوند جزء اقتصاد غیررسمی‌اند. بنابه این تعریف فعالیت‌های اقتصاد غیررسمی به چهار بخش خانوار<sup>۲</sup>، غیررسمی<sup>۳</sup>، نامنظم<sup>۴</sup> و غیرقانونی<sup>۵</sup> تقسیم می‌شوند. در مطالعه دیگری، تانزی (۱۹۸۲)<sup>۶</sup> فعالیت‌های غیررسمی را با عنوان اقتصاد زیرزمینی<sup>۷</sup> معرفی و فعالیت‌هایی که ماهیتاً قانونی‌اند، ولی به‌علت عدم پرداخت مالیات و عدم رعایت برخی قوانین دولتی به مقامات رسمی گزارش نمی‌شوند را به‌عنوان جزء اقتصاد زیرزمینی دانست. فایگ (۱۹۹۰)<sup>۸</sup> نیز با تأکید بر این موضوع که نقض قوانین نهادی موجب شکل‌گیری فعالیت‌های اقتصاد غیررسمی می‌شود، رعایت قواعد نهادی را به‌عنوان ملاک فعالیت‌های رسمی و غیررسمی معرفی کرد.

چاگ و اوپال (۱۹۸۶)<sup>۹</sup> با طرح موضوع اقتصاد سیاه<sup>۱۰</sup> یا غیررسمی در هند، به معرفی مفاهیمی مانند پول سیاه شامل پول‌هایی که از روش غیرقانونی به دست می‌آید، درآمد گریخته از مالیات که درآمدهای گزارش‌نشده با منبع فعالیت‌های قانونی یا غیرقانونی را در بر می‌گیرد و درآمد سیاه که از قاچاق، فرار مالیاتی، بازار سیاه حاصل می‌شود، پرداخته‌اند. در پژوهشی اشنایدرو انست (۲۰۰۴)<sup>۱۱</sup> با در نظر گرفتن یک اقتصاد دوگانه<sup>۱۲</sup> شامل دو بخش رسمی و غیررسمی و طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی در آن نتیجه گرفتند: در بخش اول اقتصاد که رسمی نام دارد، بنگاه‌ها و خانوارهایی قرار می‌گیرند که توسط قانون کنترل می‌شوند، مالیات می‌پردازند و تولیدات خود را در بازار به فروش می‌رسانند. بخش دوم غیررسمی نام

- 
1. Thomas
  2. Household
  3. Informal
  4. Underground
  5. Criminal
  6. Tanzi
  7. Underground Economy
  8. Feige
  9. Chugh & Uppel
  10. Black Economy
  11. Schneider & Enste
  12. Dual Economy

دارد که در آن فعالیت‌های اقتصادی انجام می‌شود که در تولید ناخالص ملی به حساب نمی‌آیند، حتی اگر ارزش افزوده‌ای به ازای آن‌ها ایجاد شود.

بخشی از مطالعات انجام شده در زمینه اقتصاد غیررسمی به برآورد حجم آن و شناسایی علل و آثار آن اختصاص دارد که در این زمینه از روش‌های مختلفی استفاده شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از منابع اطلاعاتی خرد برای تخمین حجم اقتصاد غیررسمی است. در این روش تفاوت بین درآمدهای گزارش شده و درآمدهای گزارش نشده به عنوان شاخص بیانگر اقتصاد غیررسمی معرفی می‌شود، این روش پرهزینه است و احتمال عدم همکاری مصاحبه‌شوندگان در بیان واقعیت وجود دارد. در این ارتباط به بررسی‌های کلافلتر<sup>۱</sup> (۱۹۸۳) می‌توان اشاره کرد. وی در پژوهشی با استفاده از اطلاعات یک نمونه تصادفی، تفاوت میان مالیات دریافتی و مالیات واقعی که هر مؤدی باید پرداخت کند را به عنوان میزان فرار مالیاتی تعریف کرد و مقدار آن را در اقتصاد آمریکا تخمین زد. روش دیگر رویکرد معاملاتی است. در این روش که توسط فایگ<sup>۲</sup> (۱۹۷۹) مطرح شد، تفاوت میان ارزش کل معاملات و تولید اسمی به عنوان اندازه اقتصاد ثبت نشده در نظر گرفته می‌شود. کیگان<sup>۳</sup> (۱۹۵۸) با بیان این موضوع که افزایش تقاضای پول نقد می‌تواند ناشی از رشد معاملات غیرقانونی در اقتصاد باشد، رابطه میان نسبت پول نقد به پول با درآمد مشمول مالیات، درآمد سرانه و نرخ سود سپرده‌های بانکی را به عنوان روش اندازه‌گیری اقتصاد غیررسمی معرفی کرد. رویکرد پولی کیگان در سال‌های بعد توسط تانزی<sup>۴</sup> (۱۹۸۳) برای برآورد حجم اقتصاد غیررسمی در آمریکا طی سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۸۰ استفاده شد. در مدل تانزی افزایش مالیات به عنوان یکی از علل رشد اقتصاد غیررسمی در آمریکا معرفی شده است. در روش دیگر کافمن و کالیبردا<sup>۵</sup> (۱۹۹۶) با فرض این که مصرف جریان الکتریسیته عامل فیزیکی مناسبی برای نشان دادن کل فعالیت‌های اقتصادی است، اظهار داشتند: فعالیت‌های اقتصادی رسمی یا غیررسمی نهاد انرژی به ویژه الکتریسیته مصرف می‌کنند که بر این اساس با فرض آن که کشش کوتاه‌مدت الکتریسیته نسبت به تولید ناخالص داخلی یک باشد، اختلاف بین تولید کل و ثبت شده، حجم اقتصاد غیررسمی را نشان می‌دهد. اشنايدر و انست<sup>۵</sup> (۲۰۰۰) در مقاله‌ای با استفاده از روش‌های تقاضای پول و مصرف الکتریسیته حجم اقتصاد غیررسمی را برای ۷۶ کشور در دوره زمانی (۱۹۹۰-۹۳) تخمین زدند، براساس نتایج این پژوهش در برخی کشورها مثل مصر و تابلند

1. Clotfelter
2. Feige
3. Tanzi
4. Kaufman & Kaliberda
5. Schneider & Enste

حدود ۷۵ درصد تولید به اقتصاد غیررسمی اختصاص داشته است. فری و وک هانمان (۱۹۸۳)<sup>۱</sup> نخستین اقتصاددانانی هستند که از روش تحلیل مسیر<sup>۲</sup> برای برآورد اقتصاد غیررسمی در هفت کشور عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه با استفاده از داده‌های مقطعی استفاده کردند. در این روش که مبتنی بر ادبیات متغیرهای پنهان<sup>۳</sup> یا مشاهده‌نشده<sup>۴</sup> است، متغیر پنهان اقتصاد غیررسمی بر مبنای اطلاعات متغیرهای علی و نمایانگر اقتصاد غیررسمی در چارچوب یک مدل (MIMIC)<sup>۵</sup> تخمین زده می‌شود. در سال‌های بعد گیلز (۱۹۹۹)<sup>۶</sup> و تدرز و گیلز (۲۰۰۰)<sup>۷</sup> از این روش برای تخمین اندازه و رشد اقتصاد غیررسمی در نیوزلند و کانادا استفاده کردند. همچنین اشنايدر (۲۰۰۴)<sup>۸</sup> از این روش برای تخمین حجم اقتصاد غیررسمی در ۱۱۰ کشور طی سال‌های (۲۰۰۰-۱۹۹۹) استفاده کرد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد: میانگین سهم اقتصاد غیررسمی از تولید ناخالص داخلی در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته به ترتیب ۴۱ و ۱۷ درصد است.

رشد اقتصاد رسمی و غیررسمی تابع عوامل مختلفی از جمله متغیرهای زیست‌محیطی است که این موضوع در سال‌های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این ارتباط دیدگاه بلاکمن (۲۰۰۰)<sup>۹</sup> معتقد است: از اثرات معنی‌دار اقتصاد غیررسمی بر تخریب محیط‌زیست نمی‌توان صرف‌نظر کرد چون بخش غیررسمی فعالیت‌هایی مثل کوره‌های آجرپزی، تولید چرم و دباغی، انواع فلزات، استخراج مواد معدنی و عبور و مرور در شهرها با ماشین‌های قدیمی و فرسوده را در بر می‌گیرد که موجب افزایش آلودگی هوا می‌شود. در مطالعات انجام شده توسط بلاکمن و بنیستر<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۸)، بلاکمن (۲۰۰۰) اثر کوزه‌های آجرپزی بر آلودگی در مکزیک، لاهیری<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۴) اثر استخراج معادن بر آلودگی در آسیا (۲۰۰۴) تأیید شده است. رابطه مستقیم بین اقتصاد غیررسمی و آلودگی در پژوهش انجام شده توسط بیزواس، فرزانگان و تام<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۲) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهشگران در مقاله‌ای با عنوان آلودگی، اقتصاد غیررسمی و فساد اقتصادی ابتدا با ماکزیم‌سازی تابع سود بنگاهی که تولیدات آن به بخش رسمی یا غیررسمی اختصاص دارد، نتیجه گرفتند: با وجود اقتصاد غیررسمی، قوانین سخت

1. Frey & Weck-Hanneman
2. Path Analysis
3. Latent Variables
4. Unobserved Variables
5. Multiple Indicators Multiple Causes
6. Giles
7. Tedds & Giles
8. Schneider
9. Blackman
10. Blackman & Bannister
11. Lahiri
12. Biswas & Farzanegan & Thum

زیست‌محیطی منجر به افزایش تولید در بخش غیررسمی می‌شود و اثر آن بر آلودگی مبهم است. هر چه میزان فساد اقتصادی بیش‌تر باشد، فعالیت شرکت‌ها در بخش غیررسمی همراه با فرار بیش‌تر از قوانین زیست‌محیطی است که در نتیجه آن آلودگی افزایش خواهد یافت بنابراین رشد اقتصاد غیررسمی و رشد آلودگی رابطه مستقیمی با هم دارند. نتایج تخمین مدل برای ۱۰۰ کشور در دوره زمانی (۲۰۰۵-۱۹۹۹) این ارتباط را از لحاظ تجربی تأیید می‌کند.

کرنفیل و ازکایا (۲۰۰۷)<sup>۱</sup> با در نظر گرفتن اثر تولید کل شامل جمع تولید گزارش شده و گزارش نشده، جمعیت و مساحت جنگل بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن و فرض الگوی خودرگرسیون مرتبه اول برای ارزش تولید کل یک سیستم معادلات فضای حالت را تشکیل دادند و بر مبنای آن با استفاده از روش فیلتر کالمن ابتدا حجم تولید کل در ترکیه را طی سال‌های (۲۰۰۳-۱۹۷۳) تخمین زدند و سپس با تعریف ارزش اقتصاد غیررسمی به صورت تفاوت ارزش تولید کل و تولید گزارش شده، ارزش اقتصاد غیررسمی را در این کشور طی دوره تحت بررسی به دست آوردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد: بین ۱۲ تا ۳۰ درصد از تولید ناخالص داخلی در ترکیه طی سال‌های مختلف به اقتصاد غیررسمی (تفاوت تولید کل و تولید گزارش شده) اختصاص داشته است. در پژوهش‌های دیگری نیز عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن مورد شناسایی قرار گرفته است. با توجه به این که فرایند توسعه صنعتی و رشد جمعیت در سطح کشورها، افزایش واحدهای صنعتی، ترافیک بیش‌تر و مصرف بیش‌تر سوخت‌های فسیلی را به همراه دارد، نمی‌توان از اثرات گسترش فعالیت‌های صنعتی و افزایش واحدهای تولیدی در بخش صنعت بر میزان انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسید کربن صرف نظر کرد.

در داخل کشور نیز مطالعات مختلفی در زمینه تخمین اندازه اقتصاد غیررسمی انجام شده است. پیشینه این مطالعات به بررسی‌های خلعت‌بری (۱۳۶۹) باز می‌شود که وی از روش نسبت نقد برای برآورد اقتصاد غیررسمی در سال ۱۳۶۵ استفاده کرد و مقدار آن را ۱۴ تولید برآورد کرد. در مطالعه دیگری خلعت‌بری با استفاده از روش اختلاف هزینه و درآمد خانوار نتیجه گرفت: در دوره مورد بررسی خانوارها مخارج خود را ۱۹/۷ درصد بیش‌تر از درآمدها گزارش نموده‌اند که این رقم می‌تواند به عنوان شاخص اندازه‌گیری اقتصاد غیررسمی در ایران مطرح باشد. روش پولی در مطالعات دیگری توسط طاهر فر (۱۳۷۶) و باقری گرمارودی (۱۳۷۷) و اشرف‌زاده و مهرگان (۱۳۷۷) برای تخمین حجم اقتصاد غیررسمی در ایران مورد استفاده قرار گرفته است. عرب مازار یزدی (۱۳۸۰) برای اولین بار روش MIMIC را برای بررسی علل و آثار اقتصاد غیررسمی و اندازه آن در اقتصاد ایران به کار برد. وی که از عنوان اقتصاد سیاه برای مبادلات

غیررسمی استفاده کرد، متوسط حجم اقتصاد سیاه در ایران را ۱۱ درصد تولید در دوره (۷۷-۱۳۴۷) برآورد کرد. از روش MIMIC پژوهان و مداح (۱۳۸۵) و مداح (۱۳۸۷) نیز برای برآورد حجم قاچاق کالا در ایران طی سال‌های (۸۱-۱۳۴۹) استفاده کردند و یک سری زمانی برای قاچاق کالا به دست آوردند. از جمله محدود مطالعات انجام شده با استفاده از روش فیلتر کالمن در داخل کشور به برآورد نایرو (نرخ بیکاری بدون تورم فزاینده) توسط عباسی نژاد و گودرزی فراهانی (۱۳۹۰) می‌توان اشاره کرد که در آن پس از تخمین نایرو برای اقتصاد ایران در دوره زمانی (۱۳۴۰-۱۳۸۹) اثر سیاست‌های پولی با توجه به نرخ بیکاری بدون تورم مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۳. روش‌شناسی تحقیق و یافته‌های پژوهش

#### ۱.۳. فیلتر کالمن

رهیافت فیلتر کالمن از مجموعه معادلات ریاضی تشکیل شده است که معادلات حالت<sup>۱</sup> و اندازه‌گیری<sup>۲</sup> را به‌طور همزمان برای به دست آوردن حالات مشاهده نشده حل می‌کند. این روش با استفاده از اطلاعات متغیرهای مشاهده شده پس از حداقل کردن خطا، بردار مقادیر متغیر مشاهده نشده<sup>۳</sup> را به شکل بهینه‌ای تخمین می‌زند. فیلتر کالمن یک روش بازگشتی برای محاسبه تخمین‌های بهینه بردار وضعیت مشاهده نشده بر اساس مجموعه اطلاعاتی مناسب است. این روش در مدل فضای حالت<sup>۴</sup> به کار گرفته می‌شود و الگوریتم آن یک راه حل بازگشتی برای بهینه کردن سیستم توصیف شده در فضای حالت ارائه می‌کند. این راه حل از داده‌های موجود برای بهینه کردن داده‌های قبلی برای به دست آوردن داده‌های بعدی و تصحیح مدل استفاده شود، با آن که از ذخیره تمام داده‌های قبلی برای به دست آوردن داده‌های بعدی و تصحیح مدل استفاده شود، با استفاده از مدل‌های ریاضی به‌طور مستقیم مدل تصحیح می‌شود. به بیان ریاضی معادلات فضای حالت<sup>۵</sup> در فرایند فیلتر کالمن جهت تخمین متغیر حالت  $x \in R^n$  به صورت زیر معرفی می‌شوند:

$$x_{t+1} = Fx_t + \omega_t \quad (۱) \quad \text{معادله حالت:}$$

$$y_t = Hx_t + v_t \quad (۲) \quad \text{معادله اندازه‌گیری:}$$

که در آن  $\omega$  و  $v$  بردارهایی با ویژگی اختلال سفید هستند:

1. State Equation
2. Equation Observation
3. Unobserved Values
4. State Space
5. State Space Equations
6. White Noise

$$P(\omega) : N(0, Q)$$

$$P(\nu) : N(0, R)$$

همچنین در معادلات (۱) و (۲) بردار  $n \times 1$  از متغیرهای مشاهده‌شده در زمان  $t$  بردار  $r \times 1$  از متغیرهای مشاهده‌نشده در زمان  $t$  می‌باشند. اگر  $x_t^-$  تخمین پیشین و  $x_t^+$  تخمین پسین حالت در زمان  $t$  باشند، تخمین پیشین، بدون مشاهده  $y_t$  و تخمین پسین با در نظر گرفتن مشاهده  $y_t$  انجام می‌شود. حال اگر حالت واقعی در زمان  $t$  به صورت  $x_t$  در نظر گرفته شود. داریم:

$$e_t^- = x_t - \hat{x}_t^- \quad \text{خطای تخمین پیشین}$$

$$e_t^+ = x_t + \hat{x}_t^+ \quad \text{خطای تخمین پسین}$$

$$P_t^- = E(e_t^- \cdot e_t^-) \quad \text{کوواریانس خطای پیشین}$$

$$P_t^+ = E(e_t^+ \cdot e_t^+) \quad \text{کوواریانس خطای پسین}$$

هدف فیلتر کالمن آن است که  $\hat{x}_t^+$  را به صورت ترکیب خطی از  $\hat{x}_t^-$  و ضریب خطای اندازه‌گیری تخمین بزند:

$$\hat{x}_t^+ = \hat{x}_t^- + k_t (y_t - H \hat{x}_t^-)$$

در معادله بالا  $(y_t - H \hat{x}_t^-)$  خطای اندازه‌گیری و ضریب  $k_t$  ضریب کالمن است که باید طوری انتخاب شود که کوواریانس خطای پسین حداقل شود که در این صورت اندازه‌گیری انجام شده قابل اعتماد است.<sup>۱</sup>

### ۲.۳. فیلتر کالمن و تخمین اقتصاد غیررسمی

جهت برآورد اقتصاد غیررسمی در ابتدا اطلاعات اولیه در راستای هدف تحقیق و بر مبنای مدل کرنفیلد از کایا داده‌های مورد نیاز شامل تولید ناخالص داخلی مشاهده‌شده (GDP)<sup>۲</sup> از بانک مرکزی (برحسب میلیارد ریال و به قیمت ثابت ۱۳۷۶)، تعداد کارگاه‌های صنعتی با ده نفر کارکن و بیش‌تر از مرکز آمار

۱. فرآیند فیلتر کالمن در نمودار پیوست ارائه شده است، برای آشنایی با جزئیات روش فیلتر کالمن به منابع مربوطه رجوع شود.

2. Observed GDP



ایران، انتشار دی‌اکسید کربن از بانک جهانی (برحسب کیلوتن)، مساحت جنگل از سازمان جنگل‌ها و مراتع (برحسب هکتار) در دوره زمانی (۱۳۵۹-۱۳۸۸) استخراج شدند.<sup>۱</sup>

استفاده از روش فیلترکالمن جهت تخمین حجم اقتصاد غیررسمی منوط به تشکیل سیستم معادلات مربوطه است، به این منظور معادلات (۳) و (۴) در چارچوب سیستم معادلات (۱) و (۲) در نظر گرفته می‌شوند.

$$x_t = Fx_{t-1} + \omega_t \quad (3)$$

$$y_t = Hx_t + Az_t + u_t \quad (4)$$

که در آن اجزای اختلال مدل بر مبنای همان تعریف ارائه شده در قسمت (۱.۳) معرفی می‌شوند.  $y_t$  بردار داده‌های انتشار دی‌اکسید کربن،  $x_t$  بردار داده‌های متغیر مشاهده نشده تولید کل،  $z_t$  بردار داده‌های متغیرهای برونزای مدل شامل تعداد کارگاه‌های صنعتی و مساحت جنگل را نشان می‌دهند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود براساس معادله (۴) متغیر مشاهده‌نشده تولید کل از عوامل توضیح دهنده آلودگی است، فرض می‌شود متغیر تولید کل مشاهده‌نشده از الگوی خودرگرسیون مرتبه اول تبعیت می‌کند که مقدار بهینه آن در فرآیند فیلترکالمن از طریق معادله (۳) به دست می‌آید. در تخمین مدل از لگاریتم سرانه متغیرها استفاده شده است. برای تخمین اقتصاد غیررسمی بر مبنای سیستم معادلات (۳) و (۴) مراحل زیر انجام شده است:

ویژگی‌های آماری تولید ناخالص داخلی گزارش شد ( $GDP$ ) از طریق انجام آزمون مانایی<sup>۲</sup> نشان داد که فرض نامایی را نمی‌توان در مورد تولید ناخالص داخلی رد کرد و این متغیر شاخص جمعی<sup>۳</sup> از مرتبه اول،  $I(1)$  است. فرض می‌شود تولید کل ( $GDP^c$ ) شامل تولید گزارش شده و تولید گزارش نشده نیز دارای همین ویژگی یعنی  $I(1)$  است که بر این اساس داریم:

$$LNPGDP^c_t = \gamma + \delta t + \beta LNPGDP^c_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

در این معادله  $\gamma$  یک عدد ثابت است،  $t$  روند زمانی را نشان می‌دهد،  $LNPGDP^c_t$  لگاریتم تولید واقعی سرانه کل و  $LNPGDP^c_{t-1}$  وقفه اول لگاریتم تولید واقعی سرانه کل را نشان می‌دهند.  $\varepsilon_t$  بیانگر شوک‌های وارده به سیستم است که فرض می‌شود  $i.i.d$  با میانگین صفر و واریانس ثابت است. جدول ۱

۱. اطلاعات متغیرهای مورد استفاده جهت تخمین مدل در جدول پیوست ۲ ارائه شده است.

2. Stationary

3. Integrated

نتایج حاصل از تخمین مدل (۵) را که داده‌های تولید کل آناز روش فیلتر کالمن به دست آمده است را نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج تخمین رگرسیون لگاریتم تولید کل در دوره  $t$  بر روی وقفه اول لگاریتم تولید کل

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره $t$	احتمال
$\gamma$	۰/۱۶۵	۰/۱۱۲۱	۱/۵	۰/۱۵۱۹
$t$	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱۸	۲/۶	۰/۰۱۶۷
$LNP GDP^c_{t-1}$	۰/۸۵۶	۰/۰۸۵۲	۱۰	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج تخمین مدل نشان‌دهنده اثرات مثبت روند و وقفه اول تولید کل بر تولید کل است. این متغیرها در سطح بالای آماری معنی دار هستند. در مرحله بعد مدل زیر را که مبین عوامل موثر بر انتشار دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) است را در نظر می‌گیریم:

$$LNCO_{2t} = \alpha_1 LNPFOREST_t + \alpha_2 LNP GDP^c_t + \alpha_3 LNPSANAT_t + \omega_t \quad (6)$$

در این مدل  $LNCO_2$ : لگاریتم دی‌اکسید کربن است و  $LNP GDP^c$ ،  $LNPFOREST$  و  $LNPSANAT$  متغیرهای توضیح‌دهنده تغییرات لگاریتم دی‌اکسید کربن شامل لگاریتم جنگل سرانه، لگاریتم تولید سرانه کل و لگاریتم تعداد کارگاه‌های صنعتی با انتشار دی‌اکسید کربن و رابطه غیرمستقیم میان جنگل و انتشار دی‌اکسید کربن وجود داشته باشد. نتایج آزمون مانایی نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مدل نامانا و انباشته از مرتبه اول  $I(1)$  هستند که بر این اساس آزمون هم‌انباشتگی<sup>۱</sup> میان متغیرها موضوعیت پیدای کند و این بحث مطرح می‌شود که آیا یک رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرهای مدل (۶) می‌توان پیدا کرد:

$$\beta_1 LNCO_{2t} + \beta_2 LNPFOREST_t + \beta_3 LNP GDP^c_t + \beta_4 LNPSANAT_t \sim I(0)$$

$$b: \left[ 1, -\frac{\beta_2}{\beta_1}, -\frac{\beta_3}{\beta_1}, -\frac{\beta_4}{\beta_1} \right] \leftrightarrow b: [1, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] \quad (7)$$

نتایج آزمون هم‌جمعی یوهانسون<sup>۱</sup> که در جدول ۲ ارائه شده است، وجود حداقل یک رابطه هم‌جمعی میان متغیرهای مدل (۲) را تأیید می‌کند. براساس نتایج آزمون هم‌جمعی می‌توان اظهار داشت: رابطه مستقیم و بلندمدت با ضرایب ۰/۵۸۹ و ۰/۰۵۷ بین تولید و تعداد کارگاه‌های صنعتی با انتشار دی‌اکسید کربن وجود دارد که همگی در سطح بالایی معنی‌دار هستند. همچنین علامت جنگل منفی و مطابق انتظار به دست آمده است که نشان‌دهنده وجود رابطه غیر مستقیم با ضریب (۱/۶۵-) بین جنگل و انتشار دی‌اکسید کربن است.

### جدول ۲. نتایج آزمون یوهانسون در بررسی ارتباط هم‌جمعی بین متغیرهای دی‌اکسید کربن، مساحت جنگل، تولید ناخالص داخلی و تعداد کارگاه‌های صنعتی

مقادیر ویژه	فرضیه صفر: تعداد بردار	اثر	مقادیر بحرانی در سطح ۹۵٪	
			حداکثر مقدار	اثر
۰/۶۴۲۸۱۴	۰	۵۹/۵۴۰۷۲	۲۸/۸۲۵۹۶	۴۷/۸۵۶۱۳
۰/۵۰۳۴۹۵	۱	۳۰/۷۱۴۷۶	۱۹/۶۰۴۵۳	۲۹/۷۹۷۰۷
۰/۳۲۲۸۰۵	۲	۱۱/۱۱۰۲۳	۱۰/۹۱۴۲۸	۱۵/۴۹۴۷۱
۰/۰۰۶۹۷۴	۳	۰/۱۹۵۹۴۷	۰/۱۹۵۹۴۷	۳/۸۴۱۴۶۶
ضرایب هم‌جمعی نامحدود				
		$\beta_4$	$\beta_3$	$\beta_2$
		۱/۶۶۰۲۱۸	۱۷/۱۰۳۷۸	-۴۷/۸۸۵۸۸
ضرایب هم‌جمعی هنجار				
		$\alpha_3$	$\alpha_2$	$\alpha_1$
		۰/۰۵۷	۰/۵۸۹	-۱/۶۵

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج آزمون هم‌جمعی منتج از جدول ۲ معادله مشاهده یا اندازه‌گیری زیر به دست می‌آید:

$$LNCO_{2t} = -1/65LNPFOREST_t + 0/589LNPGDP_t + 0/057LNPSANAT_t + \omega_t \quad (۸)$$

براساس این رابطه بین انتشار دی‌اکسید کربن و تولید کل سرانه شامل تولید گزارش شده و تولید گزارش نشده، مساحت جنگل سرانه و تعداد کارگاه‌های صنعتی سرانه با ضرایب ۰/۵۸۹، (۱/۶۵-) و ۰/۰۵۷ یک رابطه بلندمدت و معنی‌دار وجود دارد.

نتایج آزمون‌های آماری که در جدول ۳ ارائه شده است، بیانگر آن است که  $\omega(t)$  به دلیل وجود ارتباط میان اجزاء اخلاص، اختلال سفید نیست ( $\omega_t \sim AR(1)$ ) که نباید این گونه باشد، این نتیجه موجب شد تا برای ایجاد جزء اخلاص *i.i.d* که از ویژگی‌های فیلترکالمن است،  $\omega_t$  بر روی  $\omega_{t-1}$  رگرس شود که نتایج آن

براساس اطلاعات جدول ۴ به شرح زیر است، در جزء خطای این معادله بر اساس نتایج آزمون آماری انجام شده در جدول ۵ جزء اخلاص، سفید است.

$$\omega_t = 11/18 + 0/003t + 0/45\omega_{t-1} + u_t \quad (9)$$

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون  $LM$ ، وجود خودهمبستگی در اجزاء اخلاص معادله (۸)

۱۷/۹	آماره $F$
۰/۰۰۰۰۱۵	احتمال

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۴. نتایج حاصل از تخمین مدل  $\omega_t = \varphi_1 + \varphi_2 t + \varphi_3 \omega_{t-1} + u_t$

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره $t$	احتمال
$\varphi_1$	۱۱/۱۸	۳/۱۴۱	۳/۵۵	۰/۰۰۱۵
$t$	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۸	۱/۹۴	۰/۰۶۳۲
$\omega_{t-1}$	۰/۴۵	۰/۱۵۲۵	۳/۰۰۴	۰/۰۰۵۸

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵. نتایج حاصل از آزمون  $LM$ ، وجود خودهمبستگی در اجزاء اخلاص معادله (۹)

۰/۴۳۳۱	آماره $F$
۰/۶۵۳۴	احتمال

منبع: یافته‌های پژوهش

در فیلتر کالمن باید جزء اخلاص مشاهدات، سفید باشد که بر این اساس نتایج معادله (۹) را در (۸) جایگذاری می‌کنیم که در نتیجه آن معادله اندازه‌گیری فیلتر کالمن به دست می‌آید، این معادله همانند معادله (۴) از سیستم معادلات فیلتر کالمن است. از سوی دیگر براساس نتایج جدول ۱ می‌توان نوشت:

$$LNPGDP^c_t = 0/165 + 0/004t + 0/856LNPGDP^c_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

این رابطه معرف معادله حالت در فیلتر کالمن است که همانند معادله (۳) از سیستم معادلات فیلتر کالمن است، پروسه فیلتر کالمن براساس معادلات (۸) با جزء اخلاص سفید و (۱۰) مقادیر بردار حالت  $LNPGDP^c_t$ ، متغیر مشاهده‌نشده، را تخمین می‌زند که جدول ۶ و نمودار ۱ ارزش تولید کل (شامل تولید گزارش شده و نشده) و روند آن را طی سال‌های (۱۳۵۹-۱۳۸۸) نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود مقادیر تولید کل در همه سال‌های تحت بررسی بیش‌تر از ارقام تولید ناخالص داخلی گزارش شده است، همچنین در نمودار ۱ منحنی تولید کل بالای نمودار تولید گزارش شده است یعنی در

تمامی سال‌های مورد بررسی ارقام تولید کل از ارقام تولید گزارش شده که توسط مرکز آمار ایران گزارش شده، بیش تر است. تفاوت بین تولید کل و گزارش شده که مثبت است نشان‌دهنده تولید ناخالص داخلی گزارش نشده یا ارزش اقتصاد غیر رسمی است.

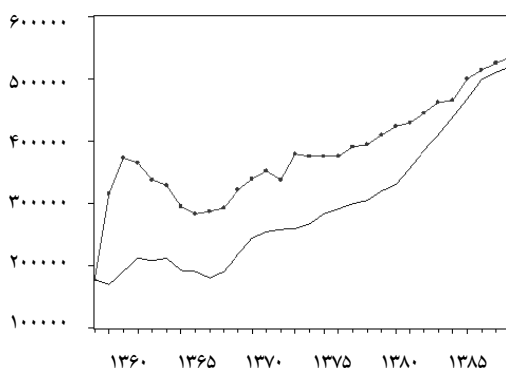
### جدول ۶. ارزش تولید ناخالص داخلی کل، مشاهده شده و مشاهده نشده (غیررسمی) برآوردی

به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)

سال	تولید خالص داخلی گزارش شده	تولید ناخالص داخلی گزارش نشده	تولید ناخالص داخلی کل
۱۳۵۹	۱۷۸۱۴۹	-	۱۷۸۱۴۹
۱۳۶۰	۱۷۰۲۸۱	۱۴۵۶۷۹/۵	۳۱۵۹۶۰/۵
۱۳۶۱	۱۹۱۶۶۷	۱۸۱۸۳۲/۶	۳۷۳۴۹۹/۶
۱۳۶۲	۲۱۲۸۷۷	۱۵۲۳۱۸/۵	۳۶۵۱۹۵/۵
۱۳۶۳	۲۰۸۵۱۶	۱۲۹۴۷۷/۸	۳۳۷۹۹۳/۸
۱۳۶۴	۲۱۲۶۸۶	۱۱۶۹۳۹/۶	۳۲۹۶۲۵/۶
۱۳۶۵	۱۹۳۲۳۵	۱۰۲۱۶۹/۲	۲۹۵۴۰۴/۲
۱۳۶۶	۱۹۱۳۱۲	۹۲۰۰۵/۱	۲۸۳۳۱۷/۱
۱۳۶۷	۱۸۰۸۲۳	۱۰۶۸۹۸/۲	۲۸۷۷۲۱/۲
۱۳۶۸	۱۹۱۵۰۳	۱۰۱۵۰۴/۱	۲۹۳۰۰۷/۱
۱۳۶۹	۲۱۸۵۳۹	۱۰۳۶۴۱/۳	۳۲۲۱۸۰/۳
۱۳۷۰	۲۴۵۰۳۶	۹۴۴۴۷/۳	۳۳۹۴۸۳/۳
۱۳۷۱	۲۵۴۸۲۲	۹۷۶۹۱/۶	۳۵۲۵۱۳/۶
۱۳۷۲	۲۵۸۶۰۱	۷۹۷۷۹/۱	۳۳۸۳۸۰/۱
۱۳۷۳	۲۵۹۸۷۶	۱۱۹۶۱۳/۸	۳۷۹۴۸۹/۸
۱۳۷۴	۲۶۷۵۳۴	۱۰۸۰۱۹/۳	۳۷۵۵۵۳/۳
۱۳۷۵	۲۸۳۸۰۷	۹۱۸۰۰/۹	۳۷۵۶۰۷/۹
۱۳۷۶	۲۹۱۷۶۹	۸۳۹۷۶/۳	۳۷۵۷۴۵/۳
۱۳۷۷	۳۰۰۱۴۰	۹۱۰۰۹/۵	۳۹۱۱۴۹/۵
۱۳۷۸	۳۰۴۹۴۱	۸۹۶۸۳/۲	۳۹۴۶۲۴/۲
۱۳۷۹	۳۲۰۰۶۹	۸۹۵۷۷/۵	۴۰۹۶۴۶/۵
۱۳۸۰	۳۳۰۵۶۵	۹۳۱۲۰/۹	۴۲۳۶۸۵/۹
۱۳۸۱	۳۵۷۶۷۱	۷۱۸۹۹/۹	۴۲۹۵۷۰/۹
۱۳۸۲	۳۸۵۶۳۰	۵۹۴۵۶/۷	۴۴۵۰۸۶/۷
۱۳۸۳	۴۱۰۴۲۹	۵۱۷۰۶/۲	۴۶۲۱۳۵/۲
۱۳۸۴	۴۳۸۹۰۰	۲۶۵۱۹/۵	۴۶۵۴۱۹/۵
۱۳۸۵	۴۶۷۹۳۰	۳۲۱۸۹/۷	۵۰۰۱۱۹/۷
۱۳۸۶	۴۹۹۰۷۱	۱۴۸۳۶/۳	۵۱۳۹۰۷/۳
۱۳۸۷	۵۱۰۵۴۹	۱۴۶۳۲/۵	۵۲۵۱۸۱/۵
۱۳۸۸	۵۱۹۷۳۸	۱۴۹۲۴	۵۳۴۶۶۲

منبع: بانک مرکزی و یافته‌های پژوهش

نمودار ۱، وجود اقتصاد غیررسمی را در تمامی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۸ تأیید می‌کند که البته میزان آن در سال‌های مختلف، متفاوت است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود: ارزش اقتصاد غیررسمی تخمینی براساس متغیرهای زیست‌محیطی در برخی سال‌ها افزایش و در برخی دیگر از سال‌ها کاهش یافته است. با توجه به پنهان بودن تولید مشاهده نشده آن‌چه می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی ملاک عمل قرار گیرد، متوسط سهم اقتصاد غیررسمی برآوردی در تولید ناخالص داخلی کشور طی سال‌های مورد بررسی است که در این تحقیق براساس ارقام منتج از نمودار ۱ عدد ۳۵/۶ درصد به دست خواهد آمد که بر این اساس متوسط ارزش اقتصاد غیررسمی در اقتصاد ایران طی سال‌های (۱۳۸۸-۱۳۵۹) ۸۵۲۴۵ میلیارد ریال (به قیمت ثابت ۱۳۷۶) خواهد بود. وجود اقتصاد غیررسمی و سهم ۳۵/۶ درصدی آن از تولید ناخالص داخلی کشور طی سال‌های مختلف، یافته مهمی برای نظام سیاست‌گذاری جهت تبیین راهکارهای سیاستی مناسب جهت کاهش حجم آن در اقتصاد کشور و کارآمد نمودن سیاست‌های اقتصادی است.



### نمودار ۱. روند ارزش تولید ناخالص داخلی کل و تولید ناخالص داخلی گزارش شده

به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)

منبع: یافته‌های پژوهش

#### ۴. نتیجه‌گیری

اقتصاد غیررسمی در آمارهای رسمی کشور منظور نمی‌شود و به‌طور پنهانی و به دور از نظارت و کنترل‌های دولتی انجام می‌شود. وجود اقتصاد غیررسمی بر عملکرد اقتصاد رسمی اثر منفی دارد و دولت را در اجرای سیاست‌های درست اقتصادی با مشکل مواجه می‌سازد. به دلیل ماهیت پنهان فعالیت‌های اقتصاد غیررسمی اطلاعاتی از آن در دست نیست اما برآورد آن برای نظام سیاست‌گذاری اهمیت دارد. در این مقاله از روش فیلترکالمن برای برآورد حجم اقتصاد غیررسمی در اقتصاد ایران طی سال‌های (۸۸-۱۳۵۹) بر مبنای متغیرهای زیست‌محیطی شامل انتشار دی‌اکسید کربن و مساحت جنگل استفاده شد. این روش به‌طور همزمان بر مبنای معادلات حالت و اندازه‌گیری، حالات غیرقابل مشاهده را به صورت بهینه‌ای تخمین می‌زند. نتایج حاصل از تخمین معادلات فیلترکالمن پس از انجام آزمون اقتصادسنجی، وجود اقتصاد غیررسمی را در ایران طی سال‌های تحت بررسی به‌طور معنی‌داری تأیید می‌کند. حجم اقتصاد غیررسمی که به‌صورت تفاوت بین تولید کل شامل تولید ناخالص داخلی واقعی گزارش‌شده و تولید واقعی گزارش نشده با تولید ناخالص داخلی واقعی گزارش‌شده تعریف می‌شود، در سال‌های مختلف متفاوت است و متوسط سهم آن از تولید ناخالص داخلی کشور ۳۵/۶ درصد به‌دست آمده است. بر این اساس حدود ۳۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشور که معادل ۸۵۲۴۵ میلیارد ریال به قیمت ثابت ۱۳۷۶ می‌شود، به‌طور متوسط به اقتصاد غیررسمی اختصاص داشته است که این عدد به رقم تخمینی اشنایدر (۲۰۰۴) از متوسط سهم اقتصاد غیررسمی از تولید کشورهای در حال توسعه نزدیک است. حجم بالای اقتصاد غیررسمی از تولید کشور، دولت را در اجرای صحیح سیاست‌های تخصیصی و توزیعی با مشکل مواجه خواهد ساخت. به‌منظور کاهش حجم اقتصاد غیررسمی پیشنهادات زیر ارائه می‌شوند:

تدوین، اجرا و نظارت بر قوانین و مقررات حفظ منابع طبیعی مانند جنگل و محیط‌زیست، فراهم کردن شرایط مناسب اقتصادی جهت کار و فعالیت اقتصاد رسمی، تدوین قوانین و مقررات مبارزه با فعالیت‌های غیررسمی که یکی از ویژگی‌های آن نقض قوانین و مقررات مربوط به کاهش آلودگی هوا است، استفاده از ابزارهای سیاستی مالیات و یارانه برای کاهش فعالیت در بخش غیررسمی و تقویت انگیزه فعالیت‌های اقتصادی در بخش رسمی، قاعده‌مند کردن فعالیت‌های غیررسمی جهت افزایش سهم فعالیت‌های رسمی از تولید ناخالص داخلی کشور.

## منابع و مآخذ

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، *نماگرهای اقتصادی سال‌های مختلف*، اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال‌های مختلف.

شکیبایی، علیرضا (۱۳۸۰)، برآورد اقتصاد غیررسمی در ایران و تحلیل علل پیدایش آن، رویکرد منطق فازی؛ پایان‌نامه دکتری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.

عباسی‌نژاد، حسین و یزدان گودرزی فراهانی (۱۳۹۰)، برآورد NAIURU برای اقتصاد ایران با رهیافت فیلتر کالمن و هودریک پرسکات، *فصلنامه تحقیقات اقتصادی راه‌اندیشه*، شماره سوم، پاییز، صص ۱۶۵-۱۳۵.

عرب‌مازازی، علی (۱۳۸۰)، *اقتصاد سیاه در ایران*، انتشارات موسسه تحقیقات و توسعه علوم انسانی، ۱۳۸۴.

گودرزی، امیرحسین (۱۳۸۷)، بکارگیری کالمن فیلتر در پیش‌بینی بازار ارز، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.

مداح، مجید (۱۳۸۷)، *برآورد حجم قاچاق در ایران، اقتصاد پنهان*، کتاب اول، ستاد مرکزی مبارزه با قاچاق کالا و ارز.

مرکز آمار ایران، *سالنامه‌های آماری سالهای ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۸*، تهران: مرکز آمار ایران.

نوفرستی، محمد (۱۳۷۸)، *ریشه واحد و همجمعی در اقتصاد سنجی*، تهران: موسسه خدمات فرهنگی رسا.

نیلی، مسعود (۱۳۸۵)، اقتصاد غیررسمی: علل ایجاد، روش‌های تخمین و اثرات آن بر بخش رسمی، *فصلنامه علمی و پژوهشی شریف*، شماره ۳۶، صص ۴۵-۵۶.

Biswas, A.K., Farzanegan, M.R., Thum, M. (2012), Pollution shadow economy and corruption, theory and evidence, *Ecological Economics*. 75, pp. 114-125.

Blackman, A., Bannister, G. (1998), Community pressure and clean technology in the informal sector: an econometric analysis of the adoption of propane by traditional Mexican brick makers *Journal of Environmental Economics and Management*. 35, pp. 1-21.

Brown, R.G., Hwang, P.Y.C. (1997), *Introduction to random signals and applied kalman filtering*, Third ed. Wiley, New York.



Farzanegan, M. R.(2009), Illegal trade in the Iranian economy: Evidence from a structural model, *European Journal of Political Economy*. 25, pp. 489-507.

Feige,E. L.(1990), Defining and estimating underground and informal economics: the new institutional economics approach .*World Development*,18, (7).

Harvey, A.(2001),*For casting Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University Press.

Karanfil, F. And Ozkaya, A.(2007), Estimation of real GDP and unrecorded economy in Turkey based on environmental data, *Energy Policy* 35,pp.4902-4908.

Lahiri-Dutt, K.(2004), Informality in mineral resource management in Asia: raising questions relating to community economies and sustainable development, *Natural Resources Forum*28, pp. 123–132.

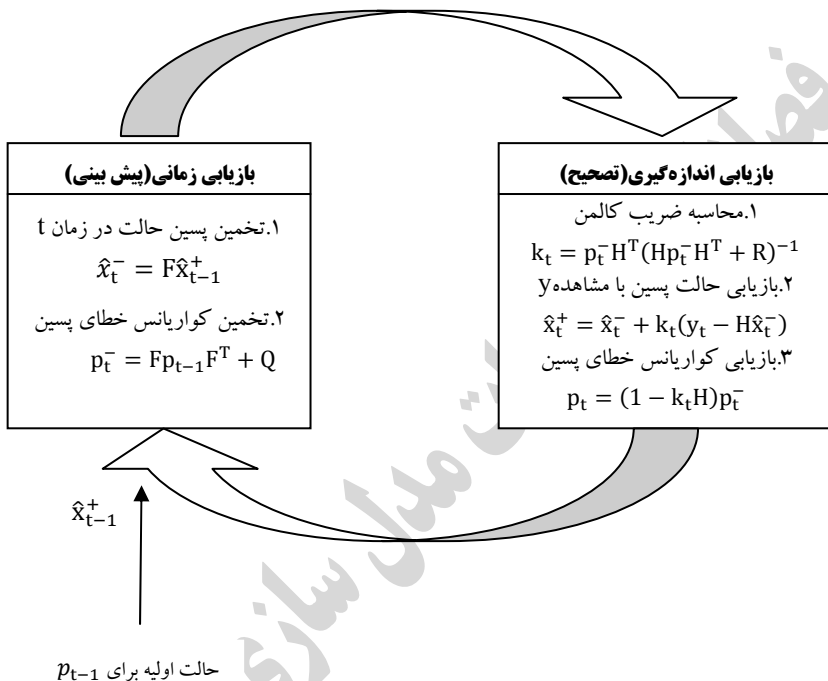
Schneider, F.and Enste,D.( 2000), Shadow economies: size, cause and consequences, *The Journal of Economic Literature*, vol. VIII (March) pp.77-114.

Schneider,F.(2007), Shadow economies and corruption all over the world: new estimates for 145 countries. *Economics (E-Journal)* 2007-9.

Tanzi, Vito.(1999),Uses and abuses of estimates of the underground economy. *The Economic Journal*. 109/456, pp.338-340.

Thoms, J.J.(1999), Quantifying the black economy: measurement without theory yet again? *The Economic Journal*.109 (456).

پیوست ۱: نمودار فرایند فیلتر کالمن



پیوست ۲: داده‌های مدل

جدول ۶. مقدار متغیرهای مورد استفاده در تخمین مدل برای اقتصاد ایران طی سال‌های (۱۳۸۸-۱۳۵۹)

سال	انتشار دی‌اکسید کربن کیلو تن	مساحت جنگل هکتار	تعداد کارگاه‌های صنعتی با ده نفر کارکن و بیش‌تر	جمعیت هزار نفر
۱۳۵۹	۱۰۰۰۰	۱۴۳۱۹۱۳۵	۵۸۸۰	۳۹۲۹۱
۱۳۶۰	۱۱۲۸۹۵	۱۴۳۲۰۷۴۵	۷۵۳۱	۴۰۸۲۶
۱۳۶۱	۱۳۸۰۳۳	۱۴۳۲۱۴۴۷	۶۹۱۸	۴۲۴۲۰
۱۳۶۲	۱۴۹۷۹۱	۱۴۳۲۶۲۲۹	۶۷۷۵	۴۴۰۷۷
۱۳۶۳	۱۵۰۶۸۹	۱۴۳۲۶۷۴۶	۶۵۹۶	۴۵۷۹۸
۱۳۶۴	۱۶۰۷۹۸	۱۴۳۲۹۹۱۲	۶۲۴۸	۴۷۵۸۷
۱۳۶۵	۱۴۸۴۴۷	۱۴۳۳۷۴۹۸	۶۱۲۷	۴۹۴۴۵
۱۳۶۶	۱۵۹۶۱۱	۱۴۳۵۴۱۰۸	۱۱۶۱۶	۵۰۶۶۲
۱۳۶۷	۱۷۶۱۳۹	۱۴۳۳۷۹۴۶	۱۰۲۴۶	۵۱۹۰۹
۱۳۶۸	۱۹۱۱۸۷	۱۴۳۳۳۲۱	۱۱۵۵۶	۵۳۱۸۷
۱۳۶۹	۲۲۶۹۹۹	۱۴۳۶۸۴۸۲	۱۰۷۸۰	۵۴۴۹۶
۱۳۷۰	۲۳۳۵۵۴	۱۴۴۳۹۳۱۶	۵۶۸۷	۵۵۸۳۷
۱۳۷۱	۲۴۷۲۶۸	۱۴۴۰۳۹۸۹	۶۰۹۸	۵۶۶۵۶
۱۳۷۲	۲۲۹۴۹۱	۱۴۳۹۶۴۳۳	۵۹۲۲	۵۷۴۸۸
۱۳۷۳	۲۹۶۵۰۱	۱۴۳۵۸۲۴	۱۳۲۷۴	۵۸۳۳۱
۱۳۷۴	۲۸۴۶۸۵	۱۴۳۵۳۳۵۱	۱۲۹۸۷	۵۹۱۸۷
۱۳۷۵	۲۸۶۴۱۱	۱۴۳۵۸۵۸۴	۱۳۳۷۱	۶۰۰۵۵
۱۳۷۶	۲۹۰۳۷۹	۱۴۳۸۰۲۷۳	۱۳۹۰۴	۶۱۰۷۰
۱۳۷۷	۳۱۵۹۱۷	۱۴۳۷۴۴۲۳	۱۴۲۶۳	۶۲۱۰۳
۱۳۷۸	۳۱۶۴۱۲	۱۴۳۸۱۹۴۶	۱۱۰۰۲	۶۳۱۵۲
۱۳۷۹	۳۳۸۹۶۴	۱۴۴۰۵۸۴۸	۱۱۲۰۰	۶۴۲۱۹
۱۳۸۰	۳۵۶۷۹۳	۱۴۴۲۹۷۵۵	۱۰۹۸۷	۶۵۳۰۱
۱۳۸۱	۳۷۴۹۰۴	۱۴۳۷۸۹۷	۱۶۳۰۵	۶۶۳۰۰
۱۳۸۲	۳۹۹۳۳۲	۱۴۳۸۰۹۹۶	۱۶۶۴۹	۶۷۳۱۵
۱۳۸۳	۴۲۳۱۳۷	۱۴۳۸۳۳۸۰	۱۶۲۸۳	۶۸۳۴۵
۱۳۸۴	۴۲۶۶۰۶	۱۴۳۶۸۸۷۶	۱۶۰۱۸	۶۹۳۹۰
۱۳۸۵	۴۸۱۵۸۱	۱۴۳۷۰۲۳۰	۱۶۰۵۷	۷۰۴۹۶
۱۳۸۶	۴۹۵۵۸۱	۱۴۳۶۵۷۹۸	۱۵۸۷۸	۷۱۵۳۲
۱۳۸۷	۵۰۹۹۸۸	۱۴۳۵۵۳۹	۱۵۶۸۷	۷۲۵۸۴
۱۳۸۸	۵۲۴۸۱۴	۱۴۳۴۴۴۶۳	۱۵۴۹۸	۷۳۶۵۱

منبع: بانک مرکزی، بانک جهانی، سازمان مراتع و جنگل‌ها و سالنامه آماری در سال‌های مختلف