

کاربرد رویکرد منطق فازی در مدلسازی تجارت غیرقانونی (قاچاق) در ایران

محمد اخباری، مهدیه اخباری و دکتر رضا آقابابایی*

تاریخ وصول: 89/7/14 تاریخ پذیرش: 89/11/4

چکیده:

در مطالعه‌ی حاضر اندازه‌ی فعالیت‌های تجاری غیرقانونی (قاچاق) در ایران با استفاده از رویکرد منطق فازی برای دوره‌ی 85-1350 مدلسازی و نهایتاً شاخصی برای آن استخراج می‌شود. برای این منظور سه شاخص بار مالیات وارداتی، نرخ بیکاری و میزان شکاف نرخ ارز (نرخ ارز رسمی و غیررسمی) به عنوان شاخص‌هایی که سهم بالایی در توضیح دهندگی میزان قاچاق در کشور دارند، تشخیص داده شدند و پایگاه قواعد با اتکا به نقطه نظرات خبرگان اقتصادی تشکیل شد. در انتها شاخص قاچاق کالا استخراج گردید و با دو مطالعه دیگر صورت گرفته در این خصوص (هر دو از رویکرد MIMIC استفاده نموده‌اند) مقایسه گردید. نتایج مطالعه‌ی حاضر بعضاً تخمین‌های نسبتاً متفاوتی را نسبت به مطالعات پیشین نشان می‌دهد که این موضوع عمدتاً به تفاوت در رویکرد بررسی و نیز دوره‌ی مدلسازی ارتباط می‌یابد. هر چند در دو مطالعه‌ی پیشین نیز استفاده از یک رویکرد مشابه به نتایج متفاوتی انجامیده است.

طبقه‌بندی JEL: O17، C39، H26

واژه‌های کلیدی: تجارت غیرقانونی (قاچاق)، منطق فازی، بار مالیات وارداتی، شکاف نرخ ارز

* به ترتیب، رئیس دایره مدلسازی اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی بانک مرکزی، دانشجوی دکتری مهندسی صنایع و عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه سمنان (mohakhbari@yahoo.com)

1- مقدمه

قاچاق پدیده‌ای است که تمامی اقتصادهای دنیا کم و بیش با آن مواجه هستند. این پدیده علاوه بر مشکلاتی که برای نظام تولید داخلی ایجاد می‌نماید، بنا به ماهیت پنهانی که دارد در سیستم اطلاعات اقتصادی کشور نیز ایجاد اختلال می‌کند. این امر از طریق ایجاد تورش در اطلاعات اقتصادی، سیاست گذاری اقتصادی را از مسیر صحیح خود منحرف می‌نماید که خود به نوعی مزید بر سایر معضلات قاچاق خواهد بود. همچنین، قاچاق به عنوان یک فعالیت اقتصادی غیرقانونی محل نظم حقوقی جامعه است که رشد این گونه فعالیت‌ها می‌تواند به فروپاشی نظم اجتماعی منجر گردد.

قاچاق را می‌توان به عنوان واردات مخفیانه‌ی کالاها از یک حوزه‌ی مشخص قانونی به حوزه‌ی دیگر تعریف نمود (دفلم و هنری،¹ 2001). تعاریف دیگر ناظر بر این هستند که قاچاق گریز از پرداخت مالیات کالاها از طریق نادیده گرفتن کنترل‌های مرزی است (میرمان،² 2002). همچنین انستیتو بازار آزاد لیتوانی³ (2004) قاچاق را فعالیتی تعریف می‌کند که به منظور کسب درآمد از انتقال کالا از مرز کشورها با تخطی از قوانین موجود صورت می‌گیرد. به طوری که فرد قاچاق کننده در جستجوی خلق درآمد با گریز از کنترل دولت، تنظیمات مربوطه و هزینه‌های مرتبط است. صرفنظر از رویکردهای متفاوت در خصوص تعریف این موضوع پیچیده چند جنبه‌ای، اثرات قاچاق قابل توجه و از منظر اقتصادی معنادار است. برای نمونه، قاچاق موجب از دست رفتن درآمدهای عمومی دولت با گریز واردکنندگان از پرداخت حقوق گمرکی و عوارض مربوطه می‌شود و با ایجاد نهادهای غیرقانونی قدرتمند ساختار درونی جامعه را تغییر می‌دهد (دومینگوئز،⁴ 1975). علاوه بر اینها، قاچاق اثرات منفی بر روی شاخص‌هایی نظیر رشد و توزیع درآمد دارد. به طور کلی می‌توان استدلال نمود هر گاه که دخالت دولت موجب شکاف بالا بین قیمت‌های ناخالص و خالص شود (از طریق اخذ تعرفه، حقوق گمرکی و ...)، انگیزه‌ی فعالیت‌های زیرزمینی شدت می‌یابد.

¹ Deflem and Henry

² Merriman

³ Lithuanian free market institute (LFMI)

⁴ Dominguez

چنانچه بخواهیم بر روی قاچاق کالا دقیقتر شویم، بایستی در نظر داشت که انگیزه‌ی اصلی قاچاق کالا در سطح خرد قابل جستجو است. به عبارتی دیگر، قاچاق کالا در یک چارچوب استاندارد تئوری اقتصادی در شرایط عدم اطمینان قابل تبیین است. بکر⁵ (1974)، ارلیچ⁶ (1973) از پایه‌گذاران این مبحث هستند. در این رویکرد فرض بر این است که در آغاز هر دوره‌ی فردی که تصمیم به تجارت کالا می‌گیرد، مخیر به انتخاب بین قاچاق و یا عمل به تجارت قانونی می‌باشد. اگر او شیوه دوم را برگزیند، به میزان بازدهی قانونی تجارت به ثروت خود می‌افزاید. اما در صورتی که قاچاق کالا را برگزیند، در این صورت علاوه بر بازدهی قاچاق بازدهی اضافه دیگری نیز به وی تعلق می‌گیرد.

علاوه بر موارد یاد شده فرد با ریسک عدم موفقیت و کشف فعالیت غیرقانونی خویش مواجه است که بایستی آن را نیز در محاسبات خود لحاظ نماید. در مقاله‌ی حاضر بر روی استخراج شاخص قاچاق تمرکز می‌شود. که مبتنی بر دیدی کلان نسبت به مقوله‌ی فوق می‌باشد. برای این منظور سه شاخص بار مالیات وارداتی، شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی و نرخ بیکاری به عنوان مهمترین متغیرهای اثرگذار بر اندازه‌ی قاچاق در نظر گرفته شده‌اند. به این صورت که با افزایش هر یک از شاخص‌های مزبور انتظار می‌رود میزان قاچاق افزایش یابد. مطالب مقاله‌ی حاضر در پنج بخش تنظیم شده است. در بخش دوم مروری بر روش‌های مختلف برآورد قاچاق صورت می‌گیرد و در بخش سوم، مطالعات گذشته مرور می‌شوند و در ادامه در بخش چهارم، روش شناسی رویکرد مقاله‌ی حاضر و نتایج مدلسازی ارائه می‌شوند ضمن اینکه مقایسه‌ای نیز با رویکردهای دیگر صورت می‌گیرد و نهایتاً در بخش پنجم نتیجه‌گیری از مباحث مطروحه ارائه می‌شود.

2- روش‌های برآورد قاچاق کالا

روش‌های مختلفی جهت برآورد قاچاق کالا مطرح می‌باشند، که به دو گروه اصلی روش‌های مستقیم و غیرمستقیم قابل تفکیک هستند. روش مستقیم مبتنی بر اخذ اطلاعات از افراد یا نهادهایی است که به طور مستقیم با موضوع قاچاق در

⁵ Becker

⁶ Ehrlich

ارتباطند، تا از این طریق اطلاعات مستقیمی از میزان قاچاق به دست آید. همچنین استفاده از آمار و اطلاعات ثبتي در خصوص میزان مصرف، توليد داخل، صادرات و واردات کالاها نیز می‌تواند به برآورد نسبتاً دقیقی از قاچاق کالا منتج شود که جزو روش‌های مستقیم طبقه بندی می‌شود که از آن جمله می‌توان به رویکرد شکاف تقاضا و اختلالات آماری اشاره نمود. اما در روش غیرمستقیم، تلاش می‌شود تا اندازه‌ی قاچاق کالا از طریق اندازه گیری و بررسی ردپای به جای مانده در آمار رسمی به دست آید. از این روش‌ها اغلب به عنوان رویکردهای شاخص هم نام برده می‌شود و در اجرای آن، بیشتر از آمارهای موجود اقتصاد کلان استفاده می‌کنند. عمده رویکردهایی که هم اکنون به برآورد میزان قاچاق می‌پردازند در حوزه این روش قرار دارند. که از آن جمله می‌توان به *MIMIC*⁷ و رویکرد پولی اشاره نمود. در مقاله‌ی حاضر رویکرد غیر مستقیم منطق فازی به منظور برآورد شاخص قاچاق به کار برده شده که در بخش چهارم مطرح می‌شود. در ادامه مروری بر رویکردهای مختلف برآورد قاچاق صورت می‌گیرد.

2-1- اختلالات آماری

در این روش بدون مراجعه به روش‌های تخمینی و اقتصاد سنجی، صرفاً با مقایسه‌ی آمارهای تجارت خارجی ثبت شده در کشور مورد نظر و شرکای تجاری آن، میزان قاچاق کالا (صادراتی و وارداتی) برآورد می‌شود.

هر چند به این روش انتقاداتی وارد است، لکن وجود اختلاف شدید بین آمارهای ملی و آمارهای شرکای تجاری، بیانگر این واقعیت است که لزوماً تمامی فعالیت‌های تجاری از کانال‌های رسمی و قانونی صورت نمی‌گیرد و بنا به انگیزه‌های مختلف از مسیر قانونی خود خارج می‌شود.

طبق روش مقایسه آمارها، چنانچه میزان واردات گزارش شده از طرف تجاری توسط گمرک جمهوری اسلامی ایران - پس از ملاحظه‌ی ضریب تعدیل - از میزان صادرات گزارش شده به ایران توسط آن طرف تجاری بیشتر باشد، بیش نمایي ارزش واردات صورت گرفته است. ولی اگر میزان واردات ثبت شده در داخل کشور از میزان صادرات ثبت شده توسط طرف تجاری کمتر باشد، احتمال واردات قاچاق به داخل کشور وجود دارد.

⁷ Multiple indicators and multiple causes (MIMIC)

در عین حال وجود چنین اختلاف‌هایی همیشه به معنی قاچاق نخواهد بود. در این خصوص توجه به چند نکته لازم است. اختلاف آماری گمرک و رقیب تجاری ممکن است به علت عوامل متعدد دیگری غیر از قاچاق و بیش‌نمایی ارزش واردات باشد. ممکن است این اختلاف از تفاوت در مبانی محاسبه و انتشار اطلاعات تجارت خارجی در دو کشور ناشی شده باشد. مثلاً شمول یا عدم شمول هزینه‌های حمل و نقل در اطلاعات گزارش شده می‌تواند منشاء اختلاف در اطلاعات تجارت خارجی باشد. علاوه بر این چگونگی تسعیر اطلاعات تجارت خارجی به یک ارز واحد و یا نرخ ارز مورد استفاده در این محاسبات می‌تواند منبع دیگری از اختلاف در اطلاعات خارجی را فراهم آورد. برای مثال اختلاف در نرخ ارز به کار رفته برای تسعیر ارقام واردات ایران از آلمان (که در اصل بر مبنای یورو هستند) می‌تواند باعث اختلاف در اطلاعات گزارش شده از سوی این دو کشور شود.

علاوه بر این اختلاف در طبقه‌بندی و پوشش اقلام تجارت خارجی بین دو شریک تجاری خود می‌تواند به منبع دیگری از اختلاف در آمارهای تجارت خارجی اظهار شده از سوی آنها منجر گردد.

2-2- رویکرد شکاف تقاضا

این رویکرد بر جریان تولید و مصرف کالاها در داخل کشور مبتنی است. در این روش ابتدا اقلام عمده مستعد برای قاچاق شناسایی می‌شوند که در این خصوص می‌توان به آمار کشفیات قاچاق رجوع کرد. سپس مقادیر مصرف این کالاها در داخل کشور (مصرفی و واسطه‌ای) برآورد می‌شود. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات مناسب در این زمینه می‌توان اقلام مصرفی را بر اساس سهم این کالاها در بودجه‌ی خانوار برآورد نمود. پس از برآورد مصرف داخلی هر یک از کالاهای منتخب، مقادیر تقاضای واسطه‌ای آنها بر اساس جدول داده-ستانده محاسبه می‌شوند. از مجموع تقاضای واسطه‌ای و مصرفی، کل تقاضای داخلی برای کالاهای مورد نظر به دست می‌آید.

عرضه‌ی کل داخلی (رسمی) هر یک از کالاهای منتخب نیز از مجموع تولید کل داخلی و واردات رسمی (گمرکی) آنها به دست می‌آید. اختلاف عرضه و تقاضای داخلی کالاهای مورد نظر، مقادیر قاچاق (وارداتی) هر یک از آنها را به

دست می‌دهد. همین رویه را می‌توان برای برآورد صادرات قاچاق نیز به کار برد. در این صورت مقادیر صادرات قاچاق از تفاوت عرضه رسمی (مجموع تولید داخلی و واردات گمرکی) و تقاضای کل (تقاضای داخلی و صادرات گمرکی) به دست می‌آید.

2-3- رویکرد تقاضای نقدینگی

هسته‌ی اساسی این رویکرد بر این امر استوار است که اسکناس و مسکوک در گردش وسیله‌ی اصلی تامین مالی معاملات غیررسمی است. اگر بتوان به طریقی سهم اقتصاد رسمی را از این متغیر استخراج کرد، پسماند باقیمانده وجوهی است که در فعالیت داخلی غیررسمی، واردات و صادرات قاچاق مصرف شده‌اند. درآمد و هزینه‌ی فرصت نگهداری اسکناس و مسکوک از جمله متغیرهایی هستند که معمولاً برای جداسازی آثار اقتصاد رسمی به کار می‌روند. در تخمین این اثر از نظریه‌ی معاملاتی پول استفاده می‌شود. بنابراین بخش دوم یا پسماند باقیمانده از اسکناس و مسکوک در گردش تابعی خواهد بود از متغیرهایی که بار مالیاتی را اندازه‌گیری می‌کنند. اگر فرض کنیم سرعت گردش پول در بخش غیررسمی برابر بخش رسمی است، میزان اسکناس و مسکوک در گردش در بخش غیررسمی ضرب در سرعت گردش پول تولید ناخالص داخلی غیررسمی را به دست خواهد داد.

بنابراین، ترکیبی از متغیرهای مستقلی که آثار اقتصاد رسمی را اندازه‌گیری می‌کنند مثل درآمد، هزینه‌ی فرصت نگهداری پول نقد (بهره) و متغیر بار مالیاتی در یک مدل می‌توانند برآوردی از پول نقد رایج در اقتصاد رسمی و غیر رسمی را به دست دهند.

2-4- رویکرد MIMIC

با توجه به اینکه اندازه‌ی قاچاق کالا قابل مشاهده نمی‌باشد، رویکرد MIMIC که مبتنی بر نظریه‌ی آماری متغیر نامشهود است تلاش دارد تا اندازه‌ی قاچاق کالا را از طریق اندازه‌گیری و بررسی ردپای به جای مانده در آمار رسمی مشخص نماید. به طوری که در آن، شاخص‌ها و علل متعددی از قاچاق کالا مورد توجه قرار می‌گیرد.

برای این منظور SEM^8 به عنوان یک روش جالب توجه آماری مطرح گردیده است. در این روش روابط آماری ما بین متغیرهای نامشهود و متغیرهای مشاهده شده مورد توجه قرار می‌گیرد. روش مزبور تلویحاً بیان‌کننده‌ی ساختار کوواریانس ماتریس تجربی (بر پایه‌ی داده‌ای) است که با کوواریانس ماتریسی که مدل انتخاب شده پس از تخمین پارامترها نتیجه می‌دهد، مقایسه می‌شود. اگر این دو ماتریس نسبت به هم پایدار باشند آنگاه مدل معادله‌ی ساختاری می‌تواند به عنوان یک توصیف احتمالی برای روابط میان متغیرهای آزمون شده تصور شود.

برای مثال می‌توان قاچاق کالا (h) را به صورت خطی نسبت به جمله خطای Z به وسیله‌ی مجموعه‌ای از علل خارجی قابل مشاهده‌ی x_1, x_2, \dots, x_q مشخص نمود.

$$h = g_1x_1 + g_2x_2 + \dots + g_qx_q + Z \quad (1)$$

متغیر نامشهود (h) به صورت خطی به همراه جملات اخلاص e_1, e_2, \dots, e_p مجموعه‌ای از شاخص‌های درونزای قابل مشاهده y_1, y_2, \dots, y_p را تعیین می‌کنند.

$$y_1 = I_1h + e_1, y_2 = I_2h + e_2, \dots, y_p = I_ph + e_p \quad (2)$$

جملات اخلاص ساختاری Z و خطاهای اندازه‌گیری e همگی به صورت نرمال توزیع شده‌اند و به صورت دوطرفه مستقل می‌باشند و در تمامی متغیرها امید انتظاری صفر دارند.

بردارهای زیر را در نظر بگیرید:

$X' = (x_1, x_2, \dots, x_q)$	متغیرهای برونزای قابل مشاهده علی
$g' = (g_1, g_2, \dots, g_q)$	پارامترهای ساختاری (مدل ساختاری)
$y' = (y_1, y_2, \dots, y_p)$	شاخص‌های درونزای قابل مشاهده
$I' = (I_1, I_2, \dots, I_p)$	پارامترهای ساختاری (مدل اندازه‌گیری)
$e' = (e_1, e_2, \dots, e_p)$	خطاهای اندازه‌گیری
$V' = (V_1, V_2, \dots, V_p)$	انحراف معیار مربوط به e

معادلات 1 و 2 را می‌توان این گونه نگاشت:

$$h = g'X + Z \quad (3)$$

⁸ Structural equation modeling

$$y = I h + e \quad (4)$$

با فرض اینکه $E(ze') = 0$ و تعریف $E(z^2) = S^2$ و $E(ee') = \Theta^2$ ، به طوری که Θ ماتریس قطری $(p \times p)$ می‌باشد که V در قطر آن قرار دارد. در این معادلات خطاهای تصادفی Z و e به ترتیب p^* و اسکالر هستند. مدل می‌تواند برای تابعی از متغیرهای قابل مشاهده، به صورت فرم خلاصه شده زیر حل شود:

$$y = I(g'X + z) + e = \Pi'X + V \quad (5)$$

فرم خلاصه شده‌ی ماتریس ضرایب و بردار جملات اخلاص به ترتیب در زیر نشان داده شده است:

$$\Pi = gl', \quad V = Iz + e \quad (6)$$

بنابراین، ماتریس کواریانس یا به صورت تلویحی مدل قاچاق کالا، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\hat{\Sigma} = E(VV') = d^2 I I' + \Theta^2 \quad (7)$$

این سیستم معادلات با مشکل شناسایی مواجه است ولی چنانچه یکی از عناصر را به یک مقدار از پیش طراحی شده مقید کنیم، عوامل آن قابل تخمین خواهند بود. البته در این صورت تنها می‌توانیم مقادیر نسبی عوامل را تخمین بزنیم. پس از آن، با استفاده از تخمین بردار و معادله می‌توانیم به یک سری زمانی، البته به صورت اعداد رتبه بندی شده (اردینال) برای قاچاق دست یابیم که این البته محدودیت اصلی روش مذکور می‌باشد.

3- مروری بر مطالعات صورت گرفته

یاوری (1378) با استفاده از رویکرد اختلالات آماری به بررسی اندازه‌ی قاچاق کالا می‌پردازد و بر اساس برآوردهای وی ارزش واردات با بیش نمایی همراه بوده است. اشرف زاده و مهرگان (1379) با استفاده از رویکرد تقاضای نقدینگی، میزان قاچاق واردات و صادرات ایران را برآورد نموده‌اند. بر اساس تحلیل آنها همراه با افزایش درآمد ملی، میزان استفاده از سپرده‌های بانکی افزایش می‌یابد و نسبت حجم پول رایج در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول کاهش می‌یابد. در عین حال با افزایش نرخ بهره، هزینه‌ی فرصت نگهداری پول نقد افزایش می‌یابد و در نتیجه تقاضا برای سپرده‌های دارای بهره افزایش می‌یابد. بنابراین نسبت حجم پول رایج

در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول با نرخ بهره رابطه‌ی معکوس دارد. علاوه بر این همراه با افزایش نرخ متوسط مالیات فرار مالیاتی و حجم اقتصاد غیر رسمی افزایش می‌یابد. بنابراین رابطه‌ی بین نرخ مالیات و نسبت حجم پول رایج در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول همسو می‌باشد.

همراه با افزایش تعرفه‌های وارداتی، حجم واردات قاچاق نیز افزایش می‌یابد. بنابراین میزان پول نقد لازم برای انجام معاملات واردات قاچاق افزایش خواهد یافت. در نتیجه بین نرخ متوسط تعرفه و نسبت حجم پول رایج در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول یک رابطه‌ی همسو وجود دارد.

از طرف دیگر همراه با افزایش فشار دولت برای بازگرداندن ارز حاصل از صادرات غیرنفتی از طریق ایجاد محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های صادراتی، صادرات قاچاق بیشتر شده و نسبت حجم پول رایج در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول افزایش می‌یابد. بنابراین بین بار ارزی و نسبت حجم پول رایج در اقتصاد غیر رسمی به کل حجم پول نیز یک رابطه‌ی همسو وجود دارد.

پژویان و مداح (1385) و فرزنانگان (2007) روش *MIMIC* را برای استخراج شاخص قاچاق در اقتصاد ایران به کار برده‌اند. بر اساس مطالعه پژویان و مداح، نرخ جریمه و تعرفه از مهمترین عوامل توضیح دهنده‌ی روند قاچاق در دوره‌ی 81-1349 بوده‌اند. در مطالعه‌ی فرزنانگان (2007) نیز نرخ جریمه‌ی قاچاق و نرخ بیکاری دارای اثر منفی و معناداری بر روی قاچاق کالا و نرخ تعرفه دارای اثر مثبت طی دوره‌ی 1970-2002 بوده‌اند.

کاربرد منطق فازی در برآورد شاخص قاچاق به عنوان یک متغیر پنهان، سابقه‌ی مطالعاتی داخلی و خارجی ندارد، لیکن مطالعات محدودی به بررسی اقتصاد زیرزمینی با استفاده از منطق فازی پرداخته‌اند که برای مثال می‌توان از مطالعه دراسک و گیلِس⁹ (2002)، تیفانی¹⁰ و همکاران (2006)، شکیبایی و صادقی (1382) و صادقی و شکیبایی (1380) نام برد. مطالعه‌ی اول به بررسی اقتصاد زیرزمینی کانادا و مطالعه‌ی دوم به بررسی اقتصاد زیرزمینی تایوان می‌پردازد، دو مطالعه‌ی دیگر که برای اقتصاد ایران صورت گرفته است از همان متغیرهای مطالعات اول و دوم بهره برده‌اند.

⁹ Draeseke and Giles

¹⁰ Tiffany

4- روش شناسی منطق فازی

منطق فازی نظریه‌ای برای اقدام در شرایط عدم اطمینان است. این نظریه قادر می‌باشد بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، چنانچه در علم واقعیت اغلب چنین است، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (لطفی زاده؛ 1965).

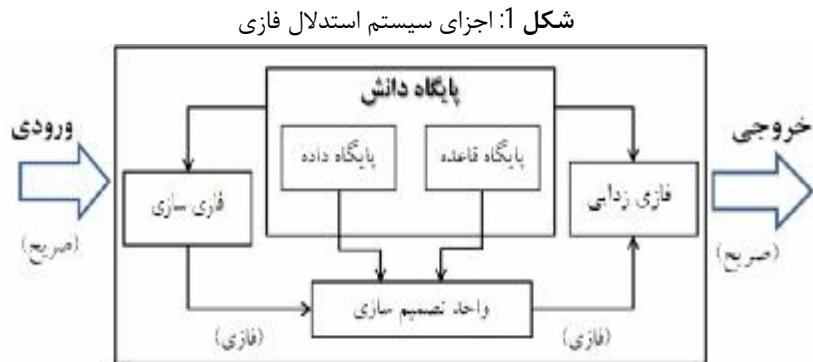
در بسیاری از تحلیل‌های تجربی در زمینه‌های اقتصادی و مالی از تئوری مجموعه‌های فازی و مدل‌های منطق فازی استفاده می‌شود. بر خلاف روش‌های پارامتری مرسوم، منطق فازی از نیاز به مدلسازی ریاضی محض و فروض توزیعی مربوطه اجتناب می‌کند. منطق فازی توصیفات زبان طبیعی سیاست‌های تصمیم‌گیری را به الگوریتمی که از یک مدل ریاضی استفاده می‌کند، ترجمه می‌نماید. این چنین مدلی شامل فازی‌سازی، استدلال و فازی زدایی است. سیستم استدلال فازی در ادامه تشریح می‌گردد.

4-1- سیستم استدلال فازی

در سیستم‌های استدلال فازی معمولاً دانش افراد خبره با استفاده از قواعد استخراج می‌گردد و مجموعه‌ای از این قواعد، یک پایگاه قاعده‌ی فازی را تشکیل می‌دهد. که استنتاج از این قواعد با استفاده از سیستم استدلال فازی صورت می‌گیرد. به صورت کلی، سیستم‌های استدلال فازی از پنج بخش اصلی تشکیل می‌گردد (شکل 1):

- § پایگاه قاعده که مجموعه‌ای از قواعد فازی تشکیل شده است.
- § پایگاه داده که توابع عضویت مجموعه‌های فازی به کار رفته در قواعد فازی را تعریف می‌نماید.
- § واحد تصمیم‌گیری که عملیات استدلال از قواعد را اجرا می‌نماید.
- § واسطه‌ی فازی‌سازی که عملیات تبدیل ورودی‌های صریح به درجه‌های عضویت در مجموعه‌های فازی یا مقادیر زبانی متناظر آنها را انجام می‌دهد.
- § واسطه فازی زدایی که نتایج فازی به دست آمده از استنتاج را به خروجی صریح تبدیل می‌کند.

معمولاً پایگاه قاعده و پایگاه داده را در یک مجموعه تحت عنوان پایگاه دانش قرار می‌دهند.



در ادبیات منطق فازی، انواع مختلفی از استنتاج‌های فازی پیشنهاد گردیده است و از معروفترین آنها سیستم استدلال سوگنو¹¹ (1985) و سیستم استدلال ممدانی¹² (1977) هستند. در مقاله‌ی حاضر سیستم استدلال ممدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در شکل (2) نحوه‌ی استنتاج این سیستم در یک پایگاه قاعده با سه متغیر ورودی، با بردار (x_1, x_2, x_3) ، در بخش فرض و یک متغیر خروجی، y ، در بخش نتیجه مشاهده می‌گردد.

مراحل اجرایی استدلال فازی (عملیات استنتاج از قواعد اگر- آنگاه فازی) در

این سیستم استدلال فازی به شرح زیر است:

1. مقایسه‌ی بردار متغیر ورودی با توابع عضویت در بخش فرض که در نتیجه آن میزان عضویت یا سازگاری متغیر با هر یک از مجموعه‌های فازی یا برچسب‌های زبانی به دست می‌آید (این گام اغلب فازی سازی نامیده می‌شود).

به عنوان مثال درجه‌ی عضویت x در مجموعه‌ی فازی A_1 در قاعده‌ی اول برابر با μ_{A_1} است.

¹¹ Sugeno

¹² Mamdani inference system

2. ترکیب مقادیر عضویت متغیرهای ورودی در بخش فرض با استفاده از عملگر T -نرم (معمولاً عملگر حداقل) که از طریق آن "قوهی تحریک"¹³ هر قاعده به دست می‌آید.

به عنوان مثال قوهی تحریک قاعدهی اول (μ_1) به ازای بردار ورودی $x = (x_1^0, x_2^0, x_3^0)$ ، برابر است با حداقل درجات عضویت سه متغیر ورودی در مجموعه‌های فازی متناظرشان در این قاعده، ($\mu_{A_1}, \mu_{B_1}, \mu_{C_1}$)، که در شکل (2) نشان داده شده است.

3. تولید نتایج فازی مناسب برای هر یک از متغیرهای ورودی با توجه به قوهی تحریک به دست آمده و مجموعه‌های فازی بخش نتیجه.

به عنوان مثال خروجی متناظر با بردار ورودی (x_1^0, x_2^0, x_3^0) مجموعهی فازی D_1 را در قاعدهی اول با قوه تحریک به دست آمده در مرحلهی پیشین تحریک می‌نماید.

4. ادغام نتایج فازی به دست از هر یک از قواعد و تولید یک خروجی صریح (این گام فازی زدایی نامیده می‌شود). در هنگام ادغام نتایج ممکن است با یک متغیر ورودی، دو قاعده متفاوت با مجموعهی فازی یکسان در بخش نتیجه با میزان قوهی تحریک‌های مختلف تحریک گردند، که در این حالت با استفاده از یک عملگر S -نرم مناسب (اغلب اوقات عملگر ماکزیمم) قوهی تحریک مربوط به این مجموعه فازی به دست می‌آید.

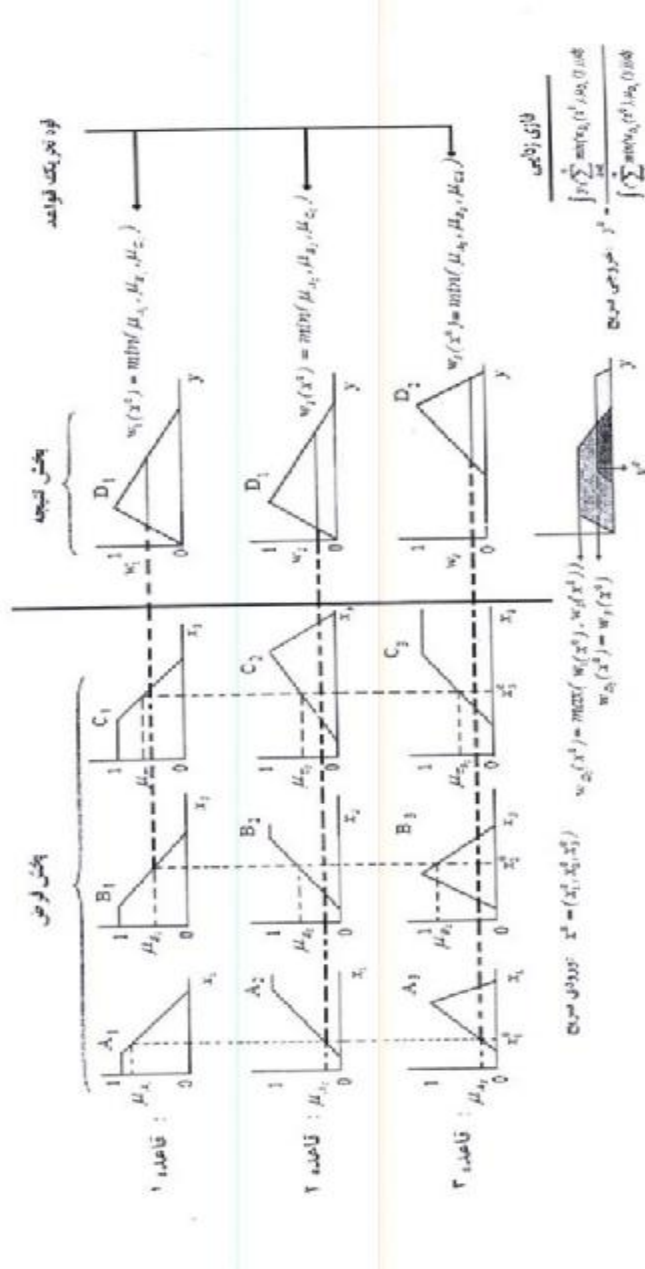
به عنوان مثال خروجی متناظر با بردار ورودی (x_1^0, x_2^0, x_3^0) مجموعهی فازی D_1 را در قاعدهی اول با درجهی عضویت μ_1 و در قاعدهی دوم با درجهی عضویت μ_2 تحریک می‌نماید. که با استفاده از عملگر ماکزیمم، قوهی تحریک نهایی بردار ورودی (x_1^0, x_2^0, x_3^0) در مجموعهی فازی D_1 به دست می‌آید.

پس از تعیین قوهی تحریک هر داده در مجموعه‌های فازی خروجی می‌توان نتایج را با یکدیگر ادغام و نتایج صریح را محاسبه نمود. روش‌های فازی زدایی مختلفی پیشنهاد شده‌اند که به برخی از آنها مانند مرکز سطح، مرکز مجموع‌ها سطوح، روش ارتفاع و روش مرکز بزرگترین سطح می‌توان اشاره نمود. در شکل

¹³ Firing strength

(2) روش فازی زدایی مرکز مجموع سطوح جهت فازی زدایی در نظر گرفته شده است.

شکل 2: سیستم استدلال فازی ممدانی با سه متغیر ورودی و یک متغیر خروجی



4-2- کاربرد روش منطق فازی

در مقالات دراسک و گیلِس (2002)، تیفانی و همکاران (2006)، شکیبایی و صادقی (1382) و صادقی و شکیبایی (1380) تنها از دو متغیر جهت تبیین اقتصاد زیرزمینی استفاده شده و پایگاه قواعد با 25 قاعده تنظیم شده است.¹⁴ البته محدودیت استفاده از متغیر عمدتاً به پیچیدگی مدل سازی و تشکیل پایگاه قواعد مربوطه ارتباط می‌یابد که در مقاله‌ی حاضر با بسط رویکرد نظری مطالعات فوق در حوزه قاچاق کالا، سه متغیر به عنوان ورودی در نظر گرفته شده که سیستم استدلال مربوطه نیز در شکل 2 نشان داده شده است.

4-2-2- فازی سازی

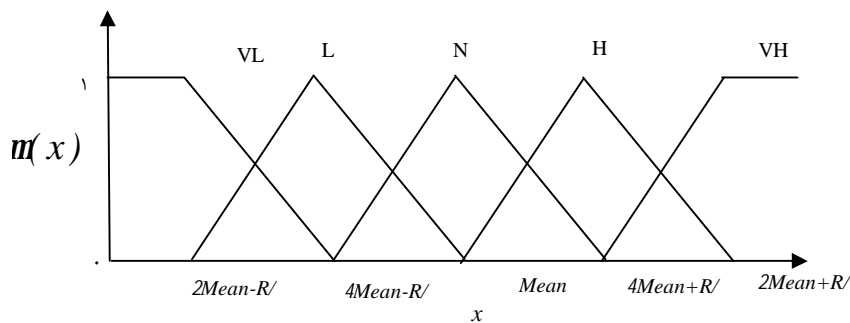
سه شاخص بار مالیات وارداتی، شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی و نرخ بیکاری به عنوان مهمترین متغیرهای اثرگذار بر اندازه‌ی قاچاق شناسایی شده‌اند (جدول 1). متغیرهای مذکور بر اساس مجموعه مطالعات صورت گرفته در این ارتباط شناسایی شده‌اند (برای مثال می‌توانید به بهمنی اسکویی (2003)، فرزانتگان (2007) و پژویان و مداح (1385) و بیگدلی و دیگران، (1385)).

شاخص بار مالیات وارداتی، نسبت مالیات بر واردات بر ارزش کل واردات می‌باشد. انتظار می‌رود با افزایش مالیات وارداتی (تعرفه‌ها و حقوق گمرگی)، میزان قاچاق افزایش یابد. در خصوص شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیر رسمی نیز به نظر می‌رسد افزایش شکاف نرخ ارز، حاکی از افزایش تقاضا در بازار غیررسمی برای ارز مورد نیاز قاچاق باشد. چرا که دست کم در بخشی از دوره‌ی مورد بررسی که نظام کنترلی نرخ ارز برقرار بود، واردکننده‌ی کالای قاچاق قادر به تامین ارز مورد نیاز خود در مبادی رسمی ارز نمی‌باشد. از این رو ناچار به مراجعه به بازار موازی و تامین ارز مورد نیاز با قیمت‌های بالاتری خواهد بود. همچنین نرخ بیکاری عامل موثری در افزایش انگیزه برای واردن شدن به فعالیت‌های غیرقانونی نظیر قاچاق

¹⁴ در مطالعات اشاره شده، متغیر اقتصاد زیرزمینی به صورت صریح با مقیاس‌های: اقتصاد زیرزمینی بسیار کوچک: صفر، کوچک: 0/25، متوسط: 0/5، بزرگ: 0/75 و بسیار بزرگ: 1 منظور شده است. حال اینکه در مقاله‌ی کنونی متغیر قاچاق کالا، نیز فازی شده است تا بتوانیم دقیقتر این شاخص را برآورد نماییم. از دیگر نکات مهم در این ارتباط می‌توان به رویکرد مرسوم مطالعات فازی اشاره داشت، همان‌طور که در متن مقاله اشاره شده است دو سیستم سوگنو و ممدانی در این ارتباط مطرح بوده‌اند، اما رویکرد مقالات پیشین از دو رویکرد مورد اشاره تبعیت ننموده‌اند.

می‌باشد. به منظور فازی‌سازی متغیرهای فوق، در مرحله‌ی اول برای هر یک از متغیرهای ورودی عبارات زبانی، خیلی پایین (VL)، پایین (L)، نرمال (N)، بالا (H) و خیلی بالا (VH) و از سوی دیگر عبارات زبانی خیلی کوچک (VS)، کوچک (S)، متوسط (A)، بزرگ (B) و خیلی بزرگ (VB) به منظور توصیف اندازه‌ی قاچاق در نظر گرفته شدند (شکل‌های 3 و 4). سپس برای هر یک از عبارات زبانی متغیرهای ورودی، توابع عضویت مثلثی با تعیین میانگین ($Mean$) و دامنه‌ی (R) داده‌ها به دست آمد، که نحوه‌ی محاسبه‌ی آنها در جدول (2) مشاهده می‌گردد. توابع عضویت مجموعه‌های فازی خروجی نیز با تعیین مقیاس مورد نظر برای شاخص اندازه‌ی قاچاق تعیین و در جدول (3) مشاهده می‌گردند.

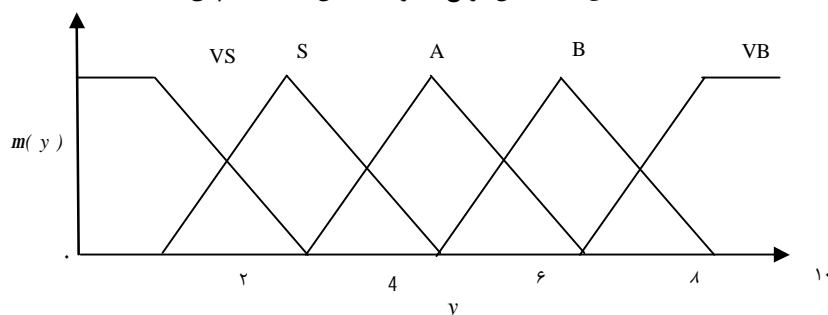
شکل 3: نمایش توابع عضویت بخش فرض



جدول 2: توابع عضویت متغیرهای بخش فرض

تابع عضویت	بازه
$m_{VL}(x) = 1/0$	$x \leq Mean - R/2$
$m_{VL}(x) = \frac{Mean - R/4 - x}{R/4}$	$Mean - R/2 \leq x \leq Mean - R/4$
$m_L(x) = \frac{x - Mean + R/2}{R/4}$	$Mean - R/2 \leq x \leq Mean - R/4$
$m_L(x) = \frac{Mean - x}{R/4}$	$Mean - R/4 \leq x \leq Mean$
$m_N(x) = \frac{x - Mean + R/4}{R/4}$	$Mean - R/4 \leq x \leq Mean$
$m_N(x) = \frac{Mean + R/4 - x}{R/4}$	$Mean \leq x \leq Mean + R/4$
$m_H(x) = \frac{x - Mean}{R/4}$	$Mean \leq x \leq Mean + R/4$
$m_H(x) = \frac{Mean + R/2 - x}{R/4}$	$Mean + R/4 \leq x \leq Mean + R/2$
$m_{VH}(x) = \frac{x - Mean - R/4}{R/4}$	$Mean + R/4 \leq x \leq Mean + R/2$
$m_{VH}(x) = 1/0$	$x \geq Mean + R/2$

شکل 4: نمایش توابع عضویت بخش نتیجه قاچاق



جدول 3: توابع عضویت اندازه‌ی قاچاق

تابع عضویت	بازه
$m_{VS}(y) = 1$	$y \leq 2$
$m_{VS}(y) = -y/2 + 2$	$2 \leq y \leq 4$
$m_S(y) = y/2 - 1$	$2 \leq y \leq 4$
$m_S(x) = -y/2 + 3$	$4 \leq y \leq 6$
$m_A(y) = y/2 - 2$	$4 \leq y \leq 6$
$m_A(y) = -y/2 + 4$	$6 \leq y \leq 8$
$m_B(y) = y/2 - 3$	$6 \leq y \leq 8$
$m_B(y) = -y/2 + 5$	$8 \leq y \leq 10$
$m_{VB}(y) = y/2 - 4$	$8 \leq y \leq 10$
$m_{VB}(y) = 1/0$	$y \geq 10$

در جداول 4، 5 و 6 پیوست میزان عضویت هر یک از متغیرهای ورودی، داده‌های مربوط به سال‌های 1350 تا 1385، به مجموعه‌های فازی متناظر آمده است (عملیات محاسباتی مربوطه با استفاده از برنامه نویسی *Visual Basic* در محیط نرم افزار *Excel* انجام گرفته است).

4-3- پایگاه قواعد فازی

پس از تعیین توابع عضویت فازی برای هر یک از عبارات زبانی مربوط به متغیرهای ورودی و متغیر خروجی، پایگاه قواعد مبتنی بر دانش خبره تشکیل می‌گردد که در این خصوص از نقطه نظرات خبرگان اقتصادی استفاده شده است. با توجه به اینکه

برای هر یک از سه متغیر ورودی پنج مجموعه فازی تعریف گردید، تعداد کل قواعد فازی برابر با $5^3=125$ می‌گردد که در جدول (7) پیوست قابل مشاهده می‌باشد.

به عنوان مثال قاعده‌ی اول بیان می‌کند که:

اگر شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی خیلی بالا، بار مالیات وارداتی خیلی بالا و نرخ بیکاری خیلی باشد، اندازه‌ی قاچاق خیلی بزرگ خواهد بود. همان طور که مشاهده می‌گردد، قاعده‌ی بالا منطبق با برداشت منطقی فرد خبره از تأثیر این متغیرها بر اندازه‌ی قاچاق می‌باشد. از این رو قواعد فازی بر خلاف مدل‌سازی‌های ریاضی دیگر، به سادگی قابل درک و کاربرد هستند. درجه یا ضریب تعدیل (d) هر قاعده به منظور تعدیل در مجموعه‌های فازی خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع با اعمال ضریب تعدیل بر مجموعه‌ی فازی خروجی یک مجموعه‌ی فازی تعدیل یافته به دست می‌آید. این ضریب نشان دهنده‌ی شدت تعلق یا عضویت اندازه‌ی قاچاق (خروجی قاعده) به تابع عضویت یا عبارت زبانی مربوطه است. به عنوان مثال عضویت اندازه‌ی قاچاق به مجموعه‌ی خیلی بزرگ (VB) در قاعده یک نسبت به قاعده‌ی دو که دارای بار مالیات وارداتی (ITB) پایین‌تری است ($H < VH$)، باید بیشتر باشد، که ضرب درجه‌ی تعدیل، برابر با $0/9$ ، در قوه‌ی تحریک این قاعده برای این منظور صورت می‌گیرد.

4-4- استدلال فازی

پس از ساخت پایگاه قواعد فازی، می‌توان عملیات استدلال فازی را روی آن انجام داد. سیستم استدلال کاربردی در این مطالعه از نوع سیستم استدلال ممدانی است. ابتدا قوه‌ی تحریک داده‌ها برای یک قواعد به دست می‌آید بدین منظور از عملگر حداقل (Min) به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$w_{SI_i} = \min(m_{GER_i}(x), m_{ITB_i}(x), m_{UR_i}(x)).d_i \quad (8)$$

در رابطه‌ی فوق x بردار داده ورودی شامل مقادیر متغیرهای شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی، بار مالیات وارداتی و نرخ بیکاری، i شماره‌ی قاعده و GER_i ، ITB_i و UR_i به عبارات زبانی متغیرهای ورودی، d_i درجه‌ی قاعده‌ی i نام، SI_i عبارت زبانی مربوط به اندازه‌ی قاچاق در قاعده‌ی i نام و m_{SI_i} قوه‌ی تحریک x در مجموعه‌ی فازی یا عبارت زبانی UE_i در قاعده‌ی i نام است.

به عنوان مثال قوهی تحریک داده‌های مربوط به سال 1351 در قاعدهی 30 به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w_B(x_{1351}) = \min(m_{VH}(x_{GER}), m_{VL}(x_{ITB}), m_L(x_{UR})) \times d_{30} = \min(1, 1, 0/234) \times 0/9 = 0/211 \quad (9)$$

اگر داده x چند قاعده با عبارت زبانی خروجی یکسان را تحریک کند، با استفاده از عملگر حداکثر (Max) قوهی تحریک نهایی x متناظر با آن عبارت زبانی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$w_M(x) = \max(m_{SI_i}(x), m_{SI_j}(x)), \text{ if } SI_i = SI_j = M. \quad (10)$$

به عنوان مثال داده مربوط به سال 1351 علاوه بر قاعده 30، قاعده 55 که عبارت زبانی خروجی آن نیز بزرگ (B) است با قوهی تحریک $0/689$ تحریک می‌نماید که قوهی تحریک نهایی عبارت زبانی بزرگ (B) برای دادهی سال 1351 برابر خواهد بود با:

$$m_B(x_{1351}) = \max(0/689, 0/211) = 0/689. \quad (11)$$

قوهی تحریک هر یک از مجموعه‌های فازی خروجی از پیش تعیین شده به ازای داده‌های مورد مطالعه در جدول 7 مشاهده می‌گردد. در واقع در این مرحله خروجی فازی متناظر با هر یک از داده‌های ورودی به دست می‌آید.

4-5- فازی زدایی

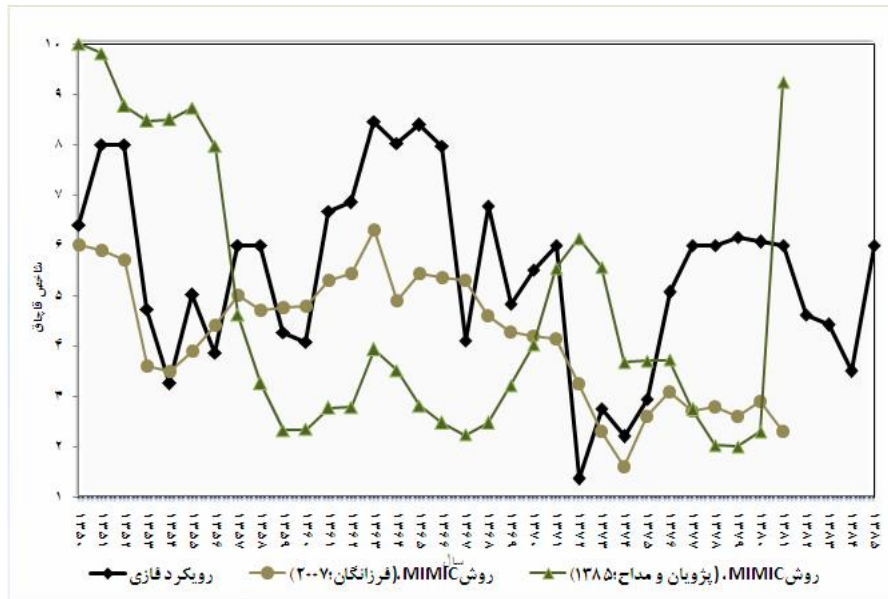
پس از اجرای استدلال فازی، نتایج فازی به دست می‌آیند. دستیابی به یک شاخص به منظور مقایسه‌ی داده‌های مختلف بر اساس اندازه‌ی قاطع مرتبط با آنها، مستلزم اجرای عملیات فازی زدایی است. در بررسی حاضر از روش فازی زدایی مرکز مجموع سطوح بر اساس رابطه‌ی زیر استفاده شده است.

$$y_0 = \frac{\int y \left(\sum_{k=1}^n \min(w_{D_k}(x), m_{D_k}(y)) \right) dy}{\int \left(\sum_{k=1}^n \min(w_{D_k}(x), m_{D_k}(y)) \right) dy} \quad (12)$$

$$= \frac{\int y (\min(w_{VS}(x), m_{VS}(y)) + \min(w_S(x), m_S(y)) + \min(w_A(x), m_A(y)) + \min(w_B(x), m_B(y)) + \min(w_{VB}(x), m_{VB}(y))) dy}{\int (\min(w_{VS}(x), m_{VS}(y)) + \min(w_S(x), m_S(y)) + \min(w_A(x), m_A(y)) + \min(w_B(x), m_B(y)) + \min(w_{VB}(x), m_{VB}(y))) dy}$$

در رابطه‌ی فوق، $w_{D_k}(x)$ قوه‌ی تحریک بردار ورودی x در مجموعه فازی D_k است که در مرحله‌ی قبلی تعیین گردید و y خروجی صریح به دست آمده، به ازای بردار ورودی x است.

شکل 5: شاخص قاچاق رویکرد منطق فازی در مقایسه با روش MIMIC



جدول 4: اندازه‌ی شاخص قاچاق کالا در رویکردهای فازی و MIMIC

فرزانتگان (MIMIC)	پژویان (MIMIC)	فازی	سال	فرزانتگان (MIMIC)	پژویان (MIMIC)	فازی	سال
4/6	2/23	6/78	1368	6	9/71	6/41	1350
4/28	2/47	4/83	1369	5/9	10	8	1351
4/2	3/21	5/52	1370	5/7	9/81	8	1352
4/15	4/02	6	1371	3/6	8/77	4/73	1353
3/25	5/54	1/36	1372	3/5	8/47	3/26	1354
2/3	6/14	2/76	1373	3/9	8/49	5/01	1355
1/6	5/56	2/2	1374	4/4	8/73	3/86	1356
2/6	3/68	2/95	1375	5	7/96	6	1357
3/1	3/7	5/06	1376	4/7	4/61	6	1358
2/7	3/72	6	1377	4/75	3/25	4/27	1359
2/8	2/74	6	1378	4/8	2/32	4/08	1360
2/6	2/02	6/15	1379	5/3	2/34	6/68	1361
2/9	2	6/06	1380	5/45	2/76	6/84	1362
2/3	2/3	6	1381	6/3	2/79	8/45	1363
-	9/24	4/62	1382	4/9	3/93	8/03	1364
-	-	4/42	1383	5/45	3/51	8/39	1365
-	-	3/5	1384	5/35	2/81	7/97	1366
-	-	6	1385	5/3	2/47	4/1	1367

نتایج صریح شاخص اندازه‌ی قاچاق طی سال‌های 1350-1385 با استفاده از روابط فوق به دست آمده و در شکل 5 و نیز جدول 4 نشان داده شده است. در شکل 5 مقادیر به دست آمده توسط روش MIMIC در مطالعات پژویان و مداح (1385) و فرزانتگان (2007) نیز به منظور مقایسه با روش فازی ارائه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود هر سه رویکرد نتایج متفاوتی را برای قاچاق در اقتصاد ایران به دست می‌دهند که این موضوع عمدتاً به تفاوت در رویکرد بررسی ارتباط می‌یابد.

5- نتیجه‌گیری

اندازه، روند و رفتار سیکلی قاچاق کالا از موضوعات مهم در فرموله کردن سیاست‌های مالی و کلان اقتصادی کشورها قلمداد می‌شود. قاچاق کالا متغیری

پنهان می‌باشد و از این رو تعیین اینکه کدام مدل به دقت بالاتری روند آنرا تخمین می‌زند کاری بسیار دشوار است. مطالعه‌ی حاضر منطق فازی را برای تخمین شاخص اندازه‌ی قاچاق کالا در اقتصاد ایران به کار گرفت. دو مزیت عمده برای استفاده از منطق فازی وجود دارد: اول اینکه در مقایسه با روش پارامتری مرسوم، منطق فازی نیازی به مدل‌سازی ریاضی پیچیده و غیرمنعطف و نیز فروض توزیعی مربوطه ندارد. دوم، قواعد فازی که با عبارات زبانی بیان می‌شوند به راحتی قابل فهم هستند. دولت به راحتی می‌تواند این قواعد را برای کنترل قاچاق کالا به کار گیرد.

با در نظر گرفتن سه متغیر ورودی بار مالیات وارداتی، نرخ بیکاری و شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیر رسمی به عنوان متغیرهای عمده در تعیین میزان قاچاق کالا و تشکیل پایگاه قواعد که مبتنی بر اجماع متخصصان حوزه‌ی مربوطه می‌باشد، نهایتاً شاخص قاچاق کالا برای دوره‌ی 85-1350 استخراج شد. بر اساس نتایج برآوردی، روند نزولی قاچاق کالا طی سال‌های اخیر با ثبت رقم $6/15$ واحد در سال 1379 آغاز شده بود که با تداوم روند مذکور طی سال‌های بعد به حداقل خود در سال 1384 یعنی $3/5$ واحد رسید، اما بار دیگر شاهد اوج گیری شاخص مذکور در سال 1385 می‌باشیم به طوری که میزان این شاخص به $6/0$ واحد رسیده است، هر چند در این سال شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی بسیار پایین می‌باشد اما از جمله دلایل عمده اوج گیری دوباره‌ی شاخص قاچاق را می‌توان در رشد شاخص بار مالیات وارداتی و نرخ بیکاری طی این سال جستجو نمود.

فهرست منابع:

اشرف‌زاده، حمید و نادر مهرگان. (1378). تخمین حجم فعالیتهای اقتصادی زیرزمینی در ایران با استفاده از روش تقاضا برای اسکناس و مسکوک در گردش. سومین همایش ملی بررسی پدیده قاچاق کالا و راههای پیشگیری آن، دانشگاه تربیت مدرس.

بیگدلی، علی، منصور زراءنژاد و محمد امین آسودار. (1385). مقایسه‌ی منطقه‌ای سطح توسعه‌ی مکانیزاسیون کشاورزی به روش فازی در استان همدان. بررسی‌های اقتصادی (اقتصاد مقداری)، 3(4): 23-51.

پژویان جمشید، مجید مداح (1385). بررسی اقتصادی قاچاق در ایران. پژوهشنامه اقتصادی، 6: 43-70.

شکیبایی، علیرضا و حسین صادقی. (1380). فرار مالیاتی و اندازه اقتصاد زیرزمینی ایران (با روش اقتصادسنجی فازی). نامه مفید، 27: 55-76.

شکیبایی، علیرضا و حسین صادقی. (1382). مدلسازی اقتصاد زیرزمینی با روش منطق فازی. مجله تحقیقات اقتصادی، 62: 175-194.

یاوری، کاظم. (1378). تئوری و تخمین قاچاق و گران‌نمایی واردات با استفاده از اختلافات آماری. سومین همایش ملی بررسی پدیده قاچاق کالا و راههای پیشگیری آن، دانشگاه تربیت مدرس.

Bahmani-Oskooee M. & G. Goswami. (2003). Smuggling as Another Cause of Failure of the PPP. *Journal of Economic Development*, 28 (2): 23-38.

Becker, Gary S. (1974). A Theory of Social Interactions. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, 82(6):1063-93.

Deflem, M. & K. Henry-Turner. (2001). Smuggling. *The Encyclopedia of Criminology and Deviant Behavior*. Clifton D. Bryant, Editor-in-Chief. Crime and Juvenile Delinquency Taylor & Francis Publishers, 2: 473-475.

Dominguez, Jorge I. (1975). Smuggling. *Foreign Policy*, 20: 87-96.

Draeseke, R. & D.E.A. Giles. (2002). A Fuzzy Logic Approach to Modeling the New Zealand Underground Economy. *Math. Comput. Simulat.* 59: 115-123.

Ehrlich, I. (1973). Participation in Illegitimate Activities: A Theoretical and Empirical Investigation. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, 81(3): 521-65.

Farzanegan, M. R. (2007). Illegal Trade in the Iranian Economy: A MIMIC Approach. 14th Annual Conference: Institutions and Economic Development, 28th -30th December 2007, Cairo, Egypt.

LFMI. (2004). A Study on Economic Causes of Smuggling. Lithuanian Free Market Institute.

- Merriman D., A. Yurekli & J. Frank. (2001). Tools to Understand, Measure and Combat Tobacco Smuggling. on-line publication of the World Bank.
- Oskoee, B. & G. Goswami. (2003). Smuggling and the Black Market Premium. *Scientific Journal of Administrative Development*, 1(1): 95-111.
- Sugeno, M. (1985). *Industrial Application of Fuzzy Control*. Amsterdam, New York.
- Yu, T. H. & D. S. Chen. (2006). A Fuzzy Logic Approach to Modeling the Underground Economy in Taiwan. *Physica A*, 362: 471-479.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8 (3): 338-353.
- Zadeh. L.A. (1994). Fuzzy Logic, Neural Networks, and Software Computing. *Commun. ACM*, 37 (3): 77-84.

پیوست:

جدول 1: روند نرخ بیکاری، بار مالیات وارداتی و شکاف نرخ ارز طی دوره‌ی 85-1350

شکاف نرخ ارز (GER)	بار مالیات وارداتی (ITB)	نرخ بیکاری (UR)	سال
0/0	0/187	10/6	1350
0/0	0/182	12/3	1351
0/0	0/175	12/9	1352
0/0	0/094	13/8	1353
0/0	0/083	12/5	1354
0/0	0/101	10/2	1355
0/0	0/114	9/8	1356
30/0	0/131	10/2	1357
50/4	0/110	9/2	1358
64/5	0/092	9/8	1359
70/4	0/084	10/0	1360
76/0	0/108	9/7	1361
80/7	0/117	9/4	1362
84/1	0/155	11/2	1363
85/7	0/135	12/4	1364
89/6	0/150	14/1	1365
92/9	0/132	13/8	1366
93/2	0/052	14/1	1367
94/0	0/078	14/1	1368
95/3	0/061	12/8	1369
95/2	0/065	11/1	1370
95/6	0/070	11/3	1371
8/9	0/057	11/5	1372
34/4	0/075	11/1	1373
56/7	0/051	10/3	1374
60/7	0/079	8/9	1375
63/4	0/096	11/5	1376
72/9	0/088	12/7	1377
79/8	0/091	13/1	1378
78/6	0/080	14/0	1379
78/1	0/094	14/7	1380
76/1	0/078	13/8	1381

49/3	0/079	13/0	1382
32/0	0/091	12/3	1383
17/9	0/085	12/9	1384
31/4	0/080	15/1	1385

مأخذ: مرکز آمار و بانک مرکزی

جدول 4: درجه‌ی عضویت متغیر شکاف نرخ ارز در بازار رسمی و غیررسمی سال‌های 1350-

1385 در مجموعه‌های فازی متناظر

سال	GER	VL	L	N	H	VH
1350	0/0	1/000				
1351	0/0	1/000				
1352	0/0	1/000				
1353	0/0	1/000				
1354	0/0	1/000				
1355	0/0	1/000				
1356	0/0	1/000				
1357	30/0		0/997	0/003		
1358	50/4		0/145	0/855		
1359	64/5			0/553	0/447	
1360	70/4			0/308	0/692	
1361	76/0			0/072	0/928	
1362	80/7				0/877	0/123
1363	84/1				0/732	0/268
1364	85/7				0/668	0/332
1365	89/6				0/502	0/498
1366	92/9				0/363	0/637
1367	93/2				0/351	0/649
1368	94/0				0/317	0/683
1369	95/3				0/266	0/734
1370	95/2				0/268	0/732
1371	95/6				0/252	0/748
1372	8/9	0/881	0/119			
1373	34/4		0/812	0/188		
1374	56/7			0/880	0/120	
1375	60/7			0/713	0/287	
1376	63/4			0/601	0/399	
1377	72/9			0/202	0/798	
1378	79/8				0/915	0/085
1379	78/6				0/964	0/036
1380	78/1				0/984	0/016

1381	76/1			0/069	0/931	
1382	49/3		0/191	0/809		
1383	32/0		0/913	0/087		
1384	17/9	0/502	0/498			
1385	31/4		0/937	0/063		

جدول 5: درجه‌ی عضویت متغیر بار مالیات و ارداتی سال‌های 1350-1385 در مجموعه‌های فازی

متناظر

سال	ITB	VL	L	N	H	VH
1350	0/19					1/000
1351	0/18					1/000
1352	0/18					1/000
1353	0/09		0/170	0/830		
1354	0/08		0/513	0/487		
1355	0/10			0/981	0/019	
1356	0/11			0/595	0/405	
1357	0/13			0/090	0/910	
1358	0/11			0/712	0/288	
1359	0/09		0/222	0/778		
1360	0/08		0/467	0/533		
1361	0/11			0/751	0/249	
1362	0/12			0/507	0/493	
1363	0/16				0/378	0/622
1364	0/13				0/976	0/024
1365	0/15				0/529	0/471
1366	0/13			0/057	0/943	
1367	0/05	0/415	0/585			
1368	0/08		0/643	0/357		
1369	0/06	0/131	0/869			
1370	0/06	0/039	0/961			
1371	0/07		0/871	0/129		
1372	0/06	0/275	0/725			
1373	0/08		0/722	0/278		
1374	0/05	0/432	0/568			
1375	0/08		0/618	0/382		
1376	0/10		0/121	0/879		
1377	0/09		0/360	0/640		
1378	0/09		0/257	0/743		
1379	0/08		0/588	0/412		
1380	0/09		0/182	0/818		
1381	0/08		0/648	0/352		

1382	0/08		0/630	0/370		
1383	0/09		0/271	0/729		
1384	0/08		0/449	0/551		
1385	0/08		0/594	0/406		

جدول 6: درجه‌ی عضویت متغیر نرخ بیکاری سال‌های 85-1350 در مجموعه‌های فازی متناظر

سال	UR	VL	L	N	H	VH
1350	10/6		0/862	0/138		
1351	12/3			0/766	0/234	
1352	12/9			0/408	0/592	
1353	13/8				0/828	0/172
1354	12/5			0/671	0/329	
1355	10/2	0/139	0/861			
1356	9/8	0/379	0/621			
1357	10/2	0/123	0/877			
1358	9/2	0/785	0/215			
1359	9/8	0/405	0/595			
1360	10/0	0/227	0/773			
1361	9/7	0/420	0/580			
1362	9/4	0/632	0/368			
1363	11/2		0/505	0/495		
1364	12/4			0/744	0/256	
1365	14/1				0/608	0/392
1366	13/8				0/818	0/182
1367	14/1				0/637	0/363
1368	14/1				0/608	0/392
1369	12/8			0/448	0/552	
1370	11/1		0/527	0/473		
1371	11/3		0/420	0/580		
1372	11/5		0/293	0/707		
1373	11/1		0/563	0/437		
1374	10/3	0/057	0/943			
1375	8/9	0/958	0/042			
1376	11/5		0/269	0/731		
1377	12/7			0/508	0/492	
1378	13/1			0/235	0/765	
1379	14/0				0/700	0/300
1380	14/7				0/213	0/787
1381	13/8				0/802	0/198
1382	13/0			0/344	0/656	
1383	12/3			0/749	0/251	
1384	12/9			0/389	0/611	

1385	15/1					1/000
------	------	--	--	--	--	-------

جدول 7: پایگاه قواعد

قاعده	GER	ITB	UR	SI	درجه
1	VH	VH	VH	VB	1
2	H	VH	VH	VB	0/8
3	M	VH	VH	VB	0/6
4	l	VH	VH	B	1
5	VI	VH	VH	B	0/8
6	VH	H	VH	VB	0/6
7	H	H	VH	B	1
8	M	H	VH	B	1
9	l	H	VH	A	0/8
10	VI	H	VH	A	1
11	VH	M	VH	B	1
12	H	M	VH	B	0/8
13	M	M	VH	A	1
14	l	M	VH	A	1
15	VI	M	VH	A	0/8
16	VH	l	VH	A	0/8
17	H	l	VH	A	1
18	M	l	VH	A	1
19	l	l	VH	S	0/8
20	VI	l	VH	S	1
21	VH	VI	VH	A	1
22	H	VI	VH	A	0/8
23	M	VI	VH	S	1
24	l	VI	VH	S	1
25	VI	VI	VH	VS	0/6
26	VH	VH	H	VB	1
27	H	VH	H	VB	0/8
28	M	VH	H	B	1
29	l	VH	H	B	1
30	VI	VH	H	B	0/8
31	VH	H	H	VB	0/6
32	H	H	H	B	1
33	M	H	H	B	0/8
34	l	H	H	A	0/8
35	VI	H	H	A	1

36	VH	M	H	B	1
37	H	M	H	A	0/8
38	M	M	H	A	1
39	l	M	H	A	1
40	Vl	M	H	S	0/8
41	VH	l	H	A	1
42	H	l	H	A	1

قاعده	GER	ITB	UR	SI	درجه
43	M	l	H	A	0/8
44	l	l	H	S	1
45	Vl	l	H	S	1
46	VH	Vl	H	A	1
47	H	Vl	H	S	0/8
48	M	Vl	H	S	1
49	l	Vl	H	S	1
50	Vl	Vl	H	VS	0/8
51	VH	VH	M	VB	1
52	H	VH	M	VB	0/6
53	M	VH	M	B	1
54	l	VH	M	B	1
55	Vl	VH	M	A	0/8
56	VH	H	M	B	1
57	H	H	M	B	1
58	M	H	M	B	0/8
59	l	H	M	A	1
60	Vl	H	M	A	1
61	VH	M	M	B	0/8
62	H	M	M	A	0/8
63	M	M	M	A	1
64	l	M	M	A	0/8
65	Vl	M	M	S	0/8
66	VH	l	M	A	1
67	H	l	M	A	1
68	M	l	M	S	0/8
69	l	l	M	S	1
70	Vl	l	M	S	1
71	VH	Vl	M	A	0/8
72	H	Vl	M	S	1
73	M	Vl	M	S	1
74	l	Vl	M	VS	0/6
75	Vl	Vl	M	VS	1
76	VH	VH	l	VB	0/8
77	H	VH	l	B	1
78	M	VH	l	B	1
79	l	VH	l	B	0/8
80	Vl	VH	l	A	1
81	VH	H	l	B	1
82	H	H	l	B	1
83	M	H	l	A	0/8
84	l	H	l	A	1

قاعده	GER	ITB	UR	SI	درجه
85	VI	H	I	A	1
86	VH	M	I	B	0/8
87	H	M	I	A	1
88	M	M	I	A	1
89	I	M	I	A	0/8
90	VI	M	I	S	1
91	VH	I	I	A	1
92	H	I	I	A	0/8
93	M	I	I	S	0/8
94	I	I	I	S	1
95	VI	I	I	VS	0/6
96	VH	VI	I	S	0/8
97	H	VI	I	S	1
98	M	VI	I	S	1
99	I	VI	I	VS	0/8
100	VI	VI	I	VS	1
101	VH	VH	VI	VB	0/6
102	H	VH	VI	B	1
103	M	VH	VI	B	1
104	I	VH	VI	A	0/8
105	VI	VH	VI	A	1
106	VH	H	VI	B	1
107	H	H	VI	B	0/8
108	M	H	VI	A	1
109	I	H	VI	A	1
110	VI	H	VI	A	0/8
111	VH	M	VI	A	0/8
112	H	M	VI	A	1
113	M	M	VI	A	1
114	I	M	VI	S	0/8
115	VI	M	VI	S	1
116	VH	I	VI	A	1
117	H	I	VI	A	0/8
118	M	I	VI	S	1
119	I	I	VI	S	1
120	VI	I	VI	VS	0/6
121	VH	VI	VI	S	0/8
122	H	VI	VI	S	1
123	M	VI	VI	VS	0/6

124	I	VI	VI	VS	0/8
125	VI	VI	VI	VS	1
VH = خیلی بالا، H = بالا، N = نرمال (معمولی)، L = پائین، VL = خیلی پائین VB = خیلی بزرگ، B = بزرگ، A = متوسط، S = کوچک، VS = خیلی کوچک					

جدول 8: درجه‌ی عضویت اندازه‌ی قاچاق طی سال‌های 85-1350 در مجموعه‌های فازی متناظر

سال	VS	S	A	B	VB
1350			0/690	0/124	0/000
1351				0/689	0/000
1352				0/532	0/000
1353		0/170	0/704		0/000
1354		0/513	0/389		0/000
1355		0/118	0/689		0/000
1356		0/323	0/476		0/000
1357			0/789		0/000
1358			0/606		0/000
1359		0/222	0/498		0/000
1360		0/261	0/480		0/000
1361			0/522	0/224	0/000
1362			0/507	0/331	0/000
1363				0/340	0/430
1364				0/601	0/024
1365				0/502	0/471
1366			0/048	0/637	0/155
1367		0/298	0/585		0/000
1368			0/608	0/322	0/000
1369		0/131	0/552		0/000
1370		0/039	0/475		0/000
1371			0/522		0/000
1372	0/247	0/707			0/000
1373		0/563	0/251		0/000
1374	0/367	0/483	0/096		0/000
1375		0/618	0/325		0/000
1376		0/103	0/601		0/000
1377			0/457		0/000
1378			0/631		0/000
1379			0/529	0/033	0/000
1380			0/630	0/015	0/000
1381			0/584		0/000
1382		0/162	0/536		0/000
1383		0/231	0/656		0/000

1384		0/449	0/448		0/000
1385			0/476		0/000