فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران/ سال هجدهم/ شماره ۵۶/ پاییز ۱۳۹۲/ صفحات ۱۲۲-۹۵

برآورد فازی شاخص ترکیبی استهلاک برای کشورهای در حال توسعه

علی سعدوندی[۱]
حسین صادقی[۲]
زهرا کشاورزی[۳]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۲/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۲

چکیده

نرخ استهلاک متغیری ضروری در مدلهای رشد اقتصادی است با این حال تلاش علمی چندانی در زمینه محاسبه نرخ استهلاک صورت نگرفته است. در این پژوهش، شاخص ترکیبی استهلاک سرمایه برای ۲۱ کشور در حال توسعه در چارچوب منطق فازی محاسبه شده است. بدین منظور، نخست چهار شاخص استهلاک برای سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی و منابع طبیعی از طریق ترکیب ده متغیر مرتبط به دست آمده، سپس با ادغام این چهار شاخص، برآوردی از شاخص استهلاک کل ارائه می‌شود. نتایج تحقیق حاکی از آن است که تفاوت معناداری در میان شاخص‌های استهلاک کشورهای در حال توسعه وجود دارد به نحوی که این شاخص در کشورهای شوروی سابق در بالاترین میزان (حدود ۰/۷۰) و در کشورهای در حال توسعه اروپا در پایین‌ترین سطح (حدود ۰/۴۰) قرار دارد. هر چند به دلیل کمبود اطلاعات برآورد شاخص استهلاک در ایران مقدور نمی‌باشد، در این تحقیق با استفاده از منطق فازی یک میزان حداقل برای استهلاک محاسبه شده که نشانگر وضعیت بحرانی استهلاک در ایران است.

واژگان کلیدی: ***رشد اقتصادی، توسعه، استهلاک، منطق فازی***

طبقه‌بندی JEL : O10، O44، O57.

۱. استادیار دانشگاه وولنگونگ alisaedvandi@uowdubai.ac.ae
۲. استادیار اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس sadeghih@modares.ac.ir
۳. کارشناس ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه تربیت مدرس z.keshavarzi5@gmail.com

۱. مقدمه

در خلال نیم‌قرن گذشته، نظریه‌های رشد و توسعه برآن بوده‌اندکه توضیحاتی درباره علل فاصله درآمدی گسترده بین کشورهای مختلف دنیا ارائه دهند. تمرکز این نظریات بر نحوه تشکیل و انباشت سرمایه بوده و ورودی سرمایه به اقتصاد مد نظر قرار می‌گرفت. در این راستا بر نقش عواملی نظیر نرخ پس‌انداز، سرریز دانش، نوآوری و خلاقیت در فرایند رشد اقتصادی تأکید شده است.

با این حال عوامل مؤثر بر برونرفت سرمایه از یک اقتصاد در ادبیات رشد و توسعه مغفول مانده است. به نظر می‌رسد دلیل عمده چشم‌پوشی از مفهوم استهلاک در ادبیات تجربی رشد، فقدان یک شاخص جامع استهلاک در سطح کشورهاست. در این مقاله برآنیم تا به ارائه معیاری کلی برای محاسبه نرخ استهلاک در قالب نظریه فازی بپردازیم. بدین ترتیب برآورد فازی یک شاخص جامع استهلاک برای نخستین بار در این مقاله ارائه شده است.

نوآوری‌های مقاله حاضر از چند جهت قابل توجه است: هر چند اخیراً مفهوم استهلاک در برخی مطالعات تجربی آمده است در این مقاله برای نخستین بار یک شاخص جامع برای استهلاک ارائه شده است. همچنین برای هر یک از انواع سرمایه‌های فیزیکی، انسانی، اجتماعی و طبیعی نیز شاخصی مجزا محاسبه شده است.

دوم آنکه از رویکرد فازی که مزایای متعددی در این ارتباط دارد استفاده شده است. منطق فازی که در حقیقت منطق حاکم بر مجموعه‌های مبهم است و در پرداختن به مفاهیم مبهم و چندوجهی مانند استهلاک مناسب است و از طرف دیگر روش مذکور به دلیل انعطاف‌پذیری زیاد قابلیت مقایسه شاخص استهلاک بین کشورهای مختلف را دارد. در رویکرد فازی نخست هر یک از ده متغیر به کار رفته فازی شده‌اند. بدین ترتیب تفاوت ناچیز کشورها تأثیری در شاخص استهلاک آنها نداشته و تنها تفاوتهای گسترده و معنادار است که طبقه‌بندی شاخص را از به عنوان مثال استهلاک کم به استهلاک زیاد تغییر می‌دهد.

از سوی دیگر شاخص استهلاک را نمی‌توان از روشهای مختلف میانگین‌گیری متغیرهای مرتبط محاسبه کرد چرا که وخامت اوضاع تنها در یک حوزه ممکن است به نابودی کل سرمایه بیانجامد. نکته حائز اهمیت آن است که بالا بودن هر یک از چهار شاخص استهلاک می‌بایست استهلاک کل را افزایش دهد که این مهم به کمک روش فازی میسر می‌باشد. برآورد فازی این امکان را فراهم کرده که متغیرها و شاخصهای استهلاک را به درستی ترکیب نماییم. با استفاده از منطق فازی به کار رفته در این پژو هش از ترکیب دو شاخص استهلاک کم و زیاد شاخص استهلاک زیاد به دست می‌آید. این با دنیای واقع همخوانی دارد چرا که وجود تنها یک عامل ممکن است به انهدام سرمایه بیانجامد و نیازی به تجمع عوامل گوناگون نیست.

سوم آنکه این شاخص‌ها در سطح کشورهای در حال توسعه با درآمد متوسط که قابل مقایسه با کشورمان ایران هستند ارائه شده‌اند.

چهارم آنکه استفاده از رویکرد فازی این امکان را فراهم کرده است که با توجه به نقصان اطلاعات، کمینه شاخص استهلاک کل برای ایران محاسبه شده و با کشورهای دیگر مقایسه شود.

در ادامه نخست به بررسی اجمالی نقش استهلاک و اهمیت آن در نظریه رشد اقتصادی می‌پردازیم. سپس، مروری بر روش‌شناسی رویکرد فازی خواهیم داشت. پس از آن به تدوین الگوی فازی پرداخته و نرخهای استهلاک انسانی، اجتماعی، فیزیکی و طبیعی به همراه نرخ استهلاک کل ارائه و تحلیل می‌شود. در نهایت کرانه پایینی شاخص استهلاک برای کشور ایران ارائه و مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲. مبانی نظری

از زمانی که سولو (Solow, 956) در مقاله معتبر خود فرآیند رشد اقتصادی را مورد توجه قرار داد، نرخ استهلاک در مدلهای نظری رشد وارد شد. با این حال معمولاً در مطالعات تجربی این نرخ را عدد ثابتی دانسته و تفاوت چشمگیری که میان کشورها و فرهنگهای

مختلف در حفاظت از سرمایه وجود دارد نادیده گرفته شده است. به عبارت دیگر رویکرد رایج نسبت به استهلاک رویکردی حسابداری و نه اقتصادی بوده است.

نرخ استهلاک در کشورهای مختلف ممکن است بسیار متفاوت باشد. برای مثال در برخی کشورهای اروپایی ابنیه و ساختمان‌های قدیمی با قدمت قرنها هنوز جنبه‌کاربردی خود را حفظ کرده است، در حالی که در کشورهای درحال توسعه ساختمان‌ها در چند دهه مستعمل شده و می‌بایست جایگزین شود. به همین ترتیب عمر مفید راه‌ها و سایر زیرساخت‌ها در جوامع صنعتی بسیار طولانی‌تر از کشورهای توسعه‌نیافته است.

به نظر می‌رسد در اقتصادهای مدرن از یک سو کیفیت سرمایه در سطح بالاتری قرار داشته و از سوی دیگر حفاظت از سرمایه نیز به طور جدی مورد توجه قرار می‌گیرد. در واقع در کشورهای توسعه‌یافته، منابع مالی لازم برای ارتقای کیفی سرمایه‌گذاری‌های جدید و تعمیر و نگهداری سرمایه‌های پیشین فراهم است. در مقابل، کشورهای توسعه‌نیافته در مضیقه مالی قرار داشته و سعی می‌کنند سرمایه‌گذاری‌های جدید را با حداقل هزینه به انجام برسانند. در این شرایط کیفیت سرمایه‌ها به نازل‌ترین سطح می‌رسد. از سوی دیگر به دلیل محدودیت منابع مالی، حفاظت از سرمایه‌های موجود نیز در این کشورها به درستی صورت نمی‌گیرد.

هر چند استهلاک معمولاً برای سرمایه‌های فیزیکی و زیرساختها متصور است، استهلاکِ انواع دیگر سرمایه مانند سرمایه‌های انسانی، اجتماعی و طبیعی نیز از اهمیت به سزایی برخوردار است. مرگ و میر و مهاجرت به خارج موجب کاهش سرمایه انسانی می‌شود. به همین صورت بیکاری نیروهای متخصص و تحصیل‌کرده به معطل ماندن و استهلاک سرمایه انسانی می‌انجامد. نبود کیفیت در سرمایه‌گذاریهای آموزشی نیاز به تکرار آموزش را افزایش داده که می‌توان این حالت را نشانی از استهلاک بالای سرمایه انسانی دانست. جرم و جنایت و نیز فساد اداری استهلاک سرمایه اجتماعی را درپی دارد. همچنین برداشت از منابع طبیعی خصوصاً منابع تجدیدناپذیر به تهی‌سازی منابع می‌انجامد که

می‌توان آن را استهلاک منابع طبیعی دانست. آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز از ثروت نسلهای آتی می‌کاهد.

این امر در مبحث توسعه پایدار مورد توجه ویژه قرار گرفته است. پژوهشگران توسعه پایدار معتقدند که نظریات رشد به دلیل غفلت از معضلات انسانی و زیست‌محیطی سازگاری زمانی ندارند. به عبارت دیگر افزایش رفاه نسل کنونی ممکن است به کاهش رفاه نسل‌های آینده منجر شود. به نظر می‌رسد توجه بیشتر به مفهوم استهلاک سرمایه در مباحث رشد اقتصادی پاسخ مناسبی به این انتقاد خواهد بود. جالب توجه است که در ادبیات توسعه پایدار مفهوم پایداری مورد توجه ویژه قرار گرفته و در موارد متعدد با استفاده از منطق فازی اندازه‌گیری شده است. به نظر می‌رسد مفهوم پایداری به شاخص استهلاک طبیعی نزدیک است.

۳. پیشینه

تحقیق حاضر از روشهای فازی که پیش از این برای ارزیابی «پایداری اقتصادی» در ادبیات توسعه پایدار استفاده شده جهت ارائه یک «شاخص کلی استهلاک» بهره می‌گیرد. این مقاله را می‌توان قدم نخست در نزدیک کردن مباحث توسعه پایدار و نظریات رشد دانست. در عرصه کاربرد مدلهای فازی در ادبیات توسعه پایدار می‌توان به پژوهشهای آندریان تیاتساهولینییاینا و همکاران (Yannis et. al, 2004)، کورنلیسن و همکاران (Cornelissen, et. al,2001)، مندوزا و پرابهو (Mendoza & Prabhu, 2003) و فیلیس و آندریان تیاتساهولینییاینا (Phillis & Andriantiatsaholiniaina, 2001) و پراتو(Prato, 2005) اشاره کرد. در ایران نیز صادقی و مسائلی (۱۳۸۷)، عاقلی و صادقی (۱۳۸۰)، شکیبایی و صادقی (۱۳۸۲) و عاقلی و حسینی (۱۳۸۹) از رویکرد فازی در تحلیل‌های اقتصادی استفاده کرده‌اند.

عاقلی و حسینی (۱۳۸۹) پایداری توسعه را به روش فازی اندازه‌گیری کرده‌اند. جالب توجه است که نتایج آن پژوهش با مقاله فعلی همسو است.

در تحقیق پیش رو، استهلاک سرمایه‌های فیزیکی، انسانی، اجتماعی و طبیعی مورد توجه قرار گرفته و از ترکیب آنها شاخص استهلاک کل محاسبه شده است. نکته حائز اهمیت آن است که بالا بودن هر یک از چهار شاخص استهلاک مذکور می‌بایست استهلاک کل را افزایش دهد. در واقع شاخص استهلاک را نمی‌توان از میانگین متغیرهای مرتبط محاسبه کرد چرا که وخامت اوضاع تنها در یک حوزه ممکن است به نابودی کل سرمایه بیانجامد. برای مثال یک واحد تولیدی می‌تواند با ایجاد واحد کنترل حوادث، خسارات ناشی از سوانحی مانند آتش‌سوزی را کاهش دهد، ولی چنانچه به دلیل ضعف مدیریت خروج گسترده نیروی انسانی روی دهد کل سیستم دچار اختلال شده و سرمایه مستهلک می‌شود.

منطق فازی کاربرد وسیعی در محاسبه شاخص‌ها یافته است. در این روش متغیرهای عددی به ارزش‌های زبانی با شدت عضویت متفاوت تبدیل شده، سپس عملگرهای منطق فازی به کمک قواعد اگر-آنگاه برای ترکیب داده‌ها بکار می‌رود. در اینجا برای ترکیب داده‌ها از میزان کمینه شدت عضویت استفاده شده است. این روش سبب می‌شود که وخامت تنها یکی از شاخصهای استهلاک به افزایش شاخص کل منتهی شود که با نظریه ما درباره نحوه ترکیب شاخص‌ها همخوانی دارد.

٤. روش‌شناسی رویکرد فازی

به دنبال توسعه تکنولوژی‌های پیشرفته‌ی پردازشِ اطلاعات و محاسبات هوشمند، روش‌های نوینی برای تحلیل سیستم‌های مبهم و چندوجهی ابداع شده است. برای این منظور می‌توان نحوه تصمیم‌گیری مغز انسان را شبیه‌سازی نمود.در این راستا سیستم‌های منطق فازی[1] ابزاری است برای مدلسازی سیستم‌های مبهم همراه با نااطمینانی، در شرایطی که سایر ابزارها توانایی بهینه تحلیل سیستم را از دست می‌دهند. این روش امکان فرمول‌بندی

1.Fuzzy Logic System

ریاضی، استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط نبود اطمینان را برای مفاهیم و متغیرهای غیردقیق ومبهم، فراهم می‌سازد (طاهری، ۱۳۷۸).

منطق فازی روشی نظام‌مند است که امکان بررسی داده‌های غیردقیق را از طریق ادغام مهارت‌ها و قضاوتهای انسانی در مدل فراهم می‌کند. این ابزار برای مدیریت شرایط مبهم در جایی که ریاضیات سنتی ناکاراست مناسب است (Andriantiatsaholiniaina, et. al., 2004). در ادبیات توسعه برای سنجش پایداری نظام‌های اقتصادی از روشهای فازی استفاده شده است. در پژوهش پیش رو نیز با عنایت به مفهوم استهلاک و ابعادی که می‌توان برای آن در نظر گرفت، به کارگیری منطق فازی به عنوان یک ابزار سیستماتیک برای ارزیابی و سنجش این مفهوم کیفی پیشنهاد شده است. در حقیقت مرز بین نرخ استهلاک زیاد و کم کاملاً مشخص نبوده و فازی می‌باشد. این بدان معناست که تعیین دقیق نرخ استهلاک ممکن نبوده و در تخمین آن ضروری است برداشتی علمی درباره نااطمینانی داده‌ها ملحوظ شود.

٤-١. نظریه مجموعه‌های فازی و استدلال در سیستم فازی

در یک مجموعه فازی درجه عضویت ممکن است در بازه صفر تا یک تعیین شود.عضویت در مجموعه فازی A به وسیله تابع عضویت μ_A که بیانگر نگاشت زیر است تعریف می‌شود:

$$\mu_A : \quad x \to [0,1] \qquad (1)$$

هر چه مقدار $\mu_A(x)$ به عدد یک نزدیکتر باشد درجه تعلق عنصر x به مجموعه فازی A بیشتر خواهد بود و اگر $\mu_A(x) = 0$ باشد، آنگاه می‌توان گفت عنصر x به مجموعه فازی A تعلق ندارد (Zimmermann, 1991). تابع عضویت (MF)[1] در واقع یک منحنی است که نشان می‌دهد هر نقطه از فضای ورودی چگونه به یک مقدار عضویت (شدت عضویت) بین صفر و یک نگاشته می‌شود. شکل این تابع ممکن است از نقطه نظر سادگی، راحت بودن و بازدهی تغییر کند تا رضایت طراح سیستم جلب شود (شعبانی‌نیا،۱۳۸۸:۳۴).

1.Membership Function

در مجموعه‌های فازی عملگرهای اجتماع، اشتراک و متمم روی درجه عضویت به صورت بیشینه‌سازی، کمینه‌سازی و تفاضل از یک نشان داده می‌شوند:

$$\mu_{A\cup B(x)} = \mu_{A(x)} \vee \mu_{B(x)} = \max\left(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}\right) \quad (۲)$$

$$\mu_{A\cap B(x)} = \mu_{A(x)} \wedge \mu_{B(x)} = \min\left(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}\right) \quad (۳)$$

$$\mu_{\bar{A}(x)} = ۱ - \mu_{A(x)} \quad (۴)$$

استدلال فازی، فرایند فرموله‌کردن نگاشت ورودی به یک خروجی با استفاده از منطق فازی است. فرایند استنتاج فازی شامل عملگرهای منطق فازی و قواعد اگر– آنگاه است. برای اینکه بتوانیم استدلال فازی را اجرا کنیم به قواعد استنتاج فازی نیاز داریم. یک قاعده فازی[1] (استنتاج فازی یا جمله شرطی فازی) به صورت زیر است:

«اگر x معادل a باشد، آنگاه y معادل b خواهد بود»

که در آن a و b متغیرهای زبانی تعریف شده به وسیله مجموعه‌های فازی در فضاهای مورد بحث x و y هستند.

مراحل طراحی یک سیستم فازی به صورت زیر است:

أ. مشخص کردن متغیرهای ورودی وخروجی.

ب. تعیین تمام مجموعه‌های فازی و توابع عضویت که برای هر یک از متغیرهای ورودی و خروجی تعریف می‌شود. این مجموعه‌های فازی پایگاه داده سیستم را تشکیل می‌دهند.

ج. تبدیل متغیرهای ورودی و خروجی به مجموعه‌های فازی یا همان مرحله فازی‌سازی داده‌ها.

د. جمع‌آوری مجموعه کامل و مناسبی از قواعد که بر روی این مجموعه‌های فازی عمل می‌کند و به شکل اگر – آنگاه تعریف می‌شوند. تعداد این ترکیبات رابطه مستقیمی با تعداد متغیرهای مورد نظر (x) و تعداد مجموعه‌های فازی‌ای که برای

2.If-then

هر متغیر تعریف می‌شود (y) دارد و از رابطه y^x به دست می‌آید. مجموعه این قواعد پایگاه قواعد[1] سیستم را تشکیل می‌دهد.

ه. طراحی بخش محاسباتی که به قواعد فازی دسترسی دارد و عملکرد فازی را محاسبه می‌کند که به آن موتور استنتاج[2] می‌گویند.

و. انتخاب یک روش برای تبدیل عملکرد فازی به مقدار قطعی یا همان مرحله «فازی‌زدایی». مرحله «فازی‌زدایی» یا «قطعی‌سازی» با روشهای مختلفی انجام می‌شود. در این پژوهش، از روش مرکز ثقل استفاده شده است.

۵. تدوین الگوی فازی استهلاک

در این مقاله، برای برآورد شاخص استهلاک به کمک منطق فازی، ده متغییر توضیح‌دهنده استهلاک در قالب یک سیستم فازی ترکیب شده‌اند. همانگونه که اشاره شد بر پایه مبانی نظری، استهلاک درقالب چهار بعد اصلی یعنی «استهلاک سرمایه انسانی»، «استهلاک سرمایه اجتماعی»، «استهلاک سرمایه فیزیکی و زیرساختی»، و در نهایت «استهلاک سرمایه طبیعی» قابل بررسی است. به علاوه شاخص استهلاک کل نیز از ترکیب چهار شاخص فوق محاسبه می‌شود. کلیه برآوردهای شاخص‌های استهلاک در فاصله صفر تا یک انجام شده و عدد بزرگتر نشانگر استهلاک بیشتر است. در نمودار (۱)متغیرهای توضیح‌دهنده استهلاک و چگونگی ترکیب آنها نمایش داده شده است.

شاخص «استهلاک سرمایه انسانی» (HUM) از ترکیب دو شاخص «استهلاک آموزشی»[3] (EDU) و «استهلاک جمعیتی»[4] (HCO) تشکیل شده است. شاخص استهلاک آموزشی نیز حاصل ترکیب دو متغیر «نرخ بیکاری افراد دارای تحصیلات عالی از کل بیکاران»[5] و «نسبت دانش‌آموزان دبیرستانی مردود به کل دانش‌آموزان»[6] است. به

1. Rule Base(RB)
2. Inference Engine
3. Education Index
4. Headcount Index
5. Unemployment with Tertiary Education (% of total unemployment)
6. Repeaters, Secondary, Total (% of total enrollment)

عبارت دیگر اگر در کشوری نسبت دانش‌آموزان مردود بالا بوده و همچنین درصد عمده‌ای از بیکاران را افراد دارای تحصیلات عالی تشکیل دهند، اتلاف سرمایه‌گذاری‌های آموزشی محرز است. از سوی دیگر متغیرهای «خالص سرانه مهاجرت»[1] و «امید به زندگی»[2] شاخص‌هایی هستند که برای سنجش استهلاک جمعیتی انتخاب شده‌اند. به این ترتیب که اگر خالص سرانه مهاجرت یک کشور منفی با قدرمطلق بزرگ بوده و طول عمر انتظاری کوتاه باشد، شاخص استهلاک جمعیتی آن کشور بیشتر خواهد بود.

استهلاک اجتماعی (SOC) به کمک دو متغیر «نسبت جنایت میان ۱۰۰۰۰۰ نفر ساکنان یک کشور»[3] و شاخص«تلقی عمومی از فساد»[4] معرفی می‌شود. شاخص «تلقی عمومی از فساد» معکوس تعریف شده است یعنی افزایش اندازه آن حاکی از کاهش میزان فساد در سیستم یک کشور است. در مقابل افزایش متغیر جنایت نشان از وخامت استهلاک اجتماعی دارد. به این ترتیب در کشوری که عدد شاخص تلقی عمومی از فساد کوچک است و میزان جنایت در آن جامعه بالاست، استهلاک سرمایه‌های اجتماعی بیشینه خواهد بود.

از آنجا که رویکرد جمع‌آوری اطلاعات براساس عوامل مؤثر بر انباشت سرمایه است اطلاعات اندکی برای سنجش استهلاک فیزیکی در اختیار است. با این حال می‌دانیم که به کارگیری منقطع سرمایه و تراکم بیش از حد به افزایش استهلاک منتهی می‌شود. بنابراین «اتلاف ناشی از قطعی برق»[5] و «نسبت تعداد خودروها در هر کیلومتر مربع جاده»[6] دو متغیری هستند که برای ارزیابی وضعیت «استهلاک فیزیکی و زیرساختی» (PHY) در یک کشور در نظر گرفته شده‌اند. در واقع چنانچه این دو شاخص درکشوری بالا باشند انتظار داریم استهلاک سرمایه فیزیکی بالا باشد. وضعیت مشابهی در ارتباط با «استهلاک منابع طبیعی» (NAT) در نظرگرفته شده است که از طریق دو متغیر «اتلاف ناشی از آلودگی

1. Net Migration
2. Life Expectancy
3. Homicides per 100,000 People
4. Corruption Perception Index
5. Value Lost Due to Electrical Outages
6. Vehicles per KM of Road

ذرات آلاینده[1] نسبت به درآمد ناخالص داخلی» و «درصد رانت منابع طبیعی از تولید ناخالص داخلی»[2] محاسبه می‌شود. سطح بالاتر این دو متغیر به افزایش نرخ استهلاک منابع طبیعی منجر می‌شود.

برای محاسبه شاخص «استهلاک کل» نخست شاخصهای استهلاک سرمایه انسانی و اجتماعی و نیز شاخصهای استهلاک فیزیکی و طبیعی دوبه‌دو باهم ترکیب شده و به ترتیب (HUMSOC) و (PHYNAT) را تشکیل داده‌اند. در نهایت از ترکیب این دو، استهلاک کل محاسبه شده است.

کلیه داده‌هایی که در این تحقیق استفاده شده میانگین داده‌های موجود طی سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ است و از «شاخصهای توسعه جهانی»[3] بانک جهانی استخراج شده است پیوست (۲). سپس این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نرمال و به متغیرهای زبانی ۵ حالتی تبدیل شده است. پس از آن از ترکیب این متغیرهای زبانی و فازی‌زدایی، چهار شاخص استهلاک پایه و شاخص استهلاک کل محاسبه شده‌اند.

یادآوری این نکته ضروری است که متغیرهای بی‌شماری را می‌توان برای استهلاک در نظر گرفت. با این حال دلیل انتخاب داده‌های فوق نه به جهت برتری ذاتی آنهاست بلکه محدودیت پایگاه‌های اطلاعاتی امکان افزودن متغیرهای دیگر را از ما سلب نموده است. در واقع تاکنون سازمان‌های بین‌المللی داده‌ها را با رویکرد استهلاک جمع‌آوری نکرده‌اند که امید است در آینده بیشتر به مفهوم کیفیت سرمایه و طول عمر مفیدآن توجه شود.

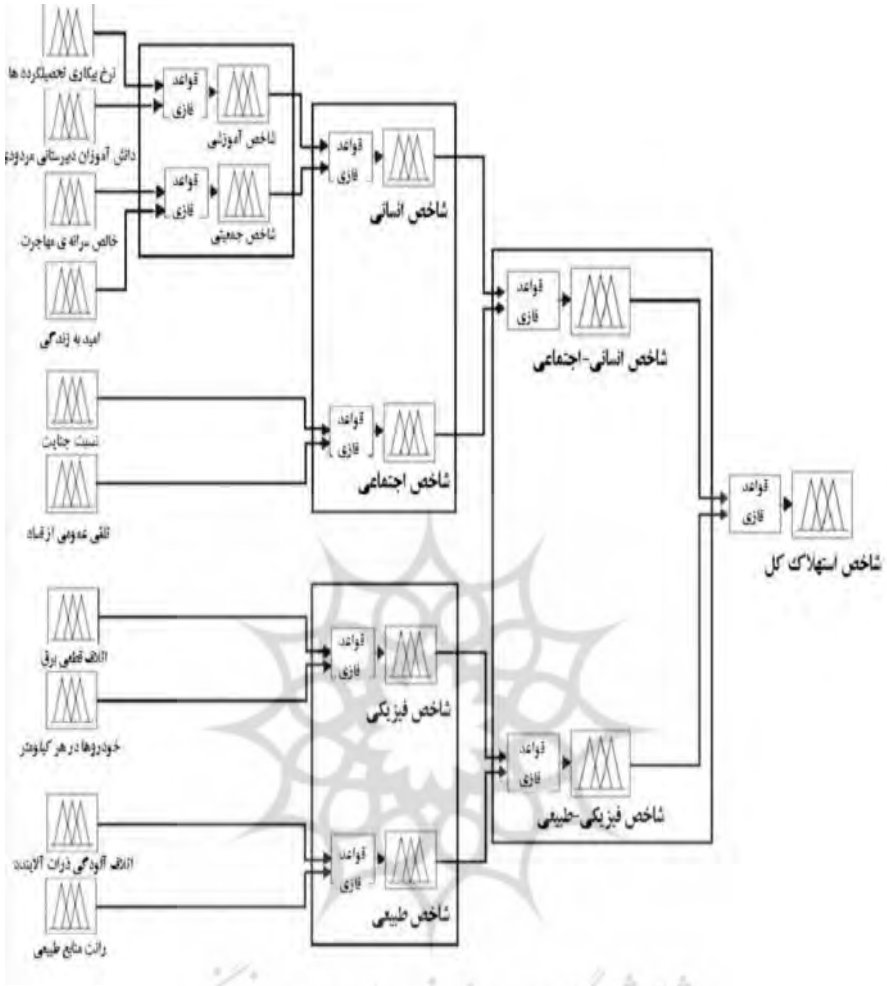
کارایی یک مدل فازی به مستقل بودن متغیرهای پایه بستگی دارد. به عبارت دیگر همبستگی بالا (نزدیک به یک) بین دو متغیر از قدرت توضیح‌دهی مدل می‌کاهد؛ از این رو همبستگی متقابل متغیرها در جدول پیوست (۱) نمایش داده شده است که مستقل بودن کلیه متغیرها را تأیید می‌کند.

1. Particle Damage
2. Total Natural Resources Rents (% of GDP)
3. World Development Indicators

در طراحی یک سیستم فازی، تعیین توابع عضویت که ابزار اصلی فازی‌سازی متغیرها به شمار می‌رود به نظر طراح سیستم و توانایی سیستم‌های محاسباتی بستگی دارد. بنابراین می‌توان توابع عضویت مختلفی از نظر شکل و یا درجه پیچیدگی برای هر متغیر انتخاب نمود. در اینجا ما از توابع عضویت گوسی استفاده کرده‌ایم. از مزایای این تابع می‌توان به هموار بودن و مشتق‌پذیری در کل دامنه تعریف تابع اشاره کرد. همچنین در این تحقیق متغیرهای زبانی در ۵ حالت به صورت خیلی زیاد (VH)، زیاد (H)، متوسط (A)، کم (L) وخیلی کم (VL) بکار رفته است.

برای نرمال‌سازی داده‌ها، دامنه تغییرات هر متغیر بر مبنای بیشترین و کمترین مقدار در میان داده‌های موجود تعیین شده است. لازم به یادآوری است که شاخص استهلاک کل براساس متوسط میزان هر متغیر در بازه زمانی (۲۰۰۹- ۲۰۰۶) در نظر گرفته شده و دامنه تابع عضویت هر متغیر زبانی براساس چگونگی پراکندگی داده‌ها تطبیق داده شده است.

قواعد به کار رفته در این تحقیق بر مبنای روش ممدانی طراحی شده و در جدول (۱) آمده است . همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود، ترکیب شاخصهای استهلاک خوب و بد به استهلاک بد منتهی می‌شود. به عبارت دیگر همواره ضعیف‌ترین وضعیت در ترکیب دو شاخص تعیین‌کننده خواهد بود. به عنوان مثال فرض کنید مقادیر فازی دو متغیر ورودی استهلاک آموزشی یعنی «نرخ بیکاری افراد دارای تحصیلات عالی از کل بیکاران» و «نسبت دانش‌آموزان دبیرستانی مردود به کل دانش‌آموزان» به ترتیب بسیار نامطلوب (VH) و بسیار مطلوب (VL) باشند. این بدان معناست که دبیرستانها کارایی بالایی دارند ولی در نهایت بسیاری از افرادی که به تحصیلات عالی می‌رسند بیکار خواهند بود. در این حالت جامعه استفاده مؤثری از تحصیلات نبرده و استهلاک آموزشی بسیار نامطلوب (VH) ارزیابی می‌شود.



نمودار ۱. استخراج شاخص ترکیبی استهلاک بر مبنای مدل ارائه شده در تحقیق

جدول ۱. قواعد زبانی پنج- حالتی براساس روش ممدانی

		X_1				
		VH	***H***	***A***	***L***	***VL***
X_2	***VH***	*VH*	*VH*	*VH*	*VH*	*VH*
	H	*VH*	*H*	*H*	*H*	*H*
	A	*VH*	*H*	*A*	*A*	*A*
	L	*VH*	*H*	*A*	*L*	*L*
	VL	*VH*	*H*	*A*	*L*	*VL*

منبع: کیکرت ممدانی (۱۹۷۸)

٦. نتایج برآورد مدل برای شاخص استهلاک کل

نتایج حاصل از سیستم فازی سنجش استهلاک برای ۲۱ کشور جهان بر مبنای داده‌های پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی در قالب نمودار (۲) و پیوست (۳) ارائه شده است. ترتیب کشورها در نمودار (۲) براساس برآورد شاخص استهلاک کل مرتب شده است. نقاط نزدیکتر به مرکز نمودار نرخ استهلاک کمتر و نقاط دورتر از مرکز نرخ استهلاک بیشتر را نشان می‌دهند. کمترین نرخ استهلاکِ ممکن، برابر با صفر و بیشترین نرخ برابر با یک خواهد بود.

دو ویژگی در انتخاب کشورها مؤثر بوده است: نخست آنکه حیطه تحقیق حاضر تنها به کشورهای درحال توسعه محدود است. دوم آنکه کشورهایی انتخاب شده‌اند که داده‌های تمامی ده متغیر در دسترس بوده است. کشورهای مورد بررسی عبارتند از: ارمنستان، آذربایجان، بوسنی و هرزگوین، بلغارستان، شیلی، کرووواسی، جمهوری چک، استونی، مجارستان، قرقیزستان، لتونی، لیتوانی، مالزی، پاناما، لهستان، رومانی، روسیه، اسلواکی، اسلوونی، ترکیه و اکراین.

پایین‌ترین شاخص استهلاک آموزشی را کشورهای ارمنستان و اکراین معادل ۰/۱۰۳ و بالاترین مقدار را کشور شیلی معادل ۰/۵۹۲ به خود اختصاص داده‌اند. به طور کلی نرخ شاخص استهلاک آموزشی در تمام کشورهای مورد بررسی به جز دو کشور آمریکای لاتین، شیلی و پاناما، در سطح خوبی ارزیابی می‌شود.

از نظر نرخ استهلاک جمعیتی بهترین رتبه به کشور جمهوری چک با میزان ۰/۲۳۷ تعلق دارد. این کشور نه فقط از امید به زندگی بسیار بالا در میان کشورهای مورد بررسی برخوردار است بلکه رتبه نخست خالص سرانهٔ مهاجرت را نیز داراست. از سوی دیگر وخامت استهلاک جمعیتی در جمهوری قرقیزستان با نرخی معادل ۰/۸۸۱ مشاهده می‌شود. این کشور از کمترین امید به زندگی همراه با سرانه مهاجرت منفی رنج می‌برد. به طور کلی وضعیت شاخص استهلاک جمعیتی در کشورهای اروپایی و امریکایی چون اسلوونی، اسلوواکی، کرواسی و شیلی مطلوب ارزیابی می‌شود. کشور مالزی نیز در وضعیت مناسبی

قرار دارد. این در حالی است که نرخ شاخص استهلاک جمعیتی در کشورهای شوروی سابق نامطلوب ارزیابی می‌شود.

شاخص استهلاک سرمایه انسانی حاصل ترکیب دو شاخص استهلاک آموزشی و استهلاک جمعیتی است. در میان کشورهای موررد بررسی شاخص استهلاک سرمایه انسانی در بازه‌ای بین ۰/۲۷۷ و ۰/۷۸۲ قرار می‌گیرد. وضعیت مناسب کشور جمهوری چک در دو شاخص استهلاک آموزشی و جمعیتی نسبت به سایر کشورها، آن را در جایگاه برتر به لحاظ استهلاک انسانی قرار داده است. همچنین اسلوونی به دلیل استهلاک جمعیتی ناچیز جایگاه مناسبی را در زمینه استهلاک انسانی کسب کرده است. بیشترین نرخ استهلاک برای این شاخص نیز به کشورهای قرقیزستان، لیتوانی و روسیه تعلق دارد. به طور کلی وضعیت شاخص استهلاک سرمایه انسانی شبیه به الگوی استهلاک جمعیتی است که نشان‌دهندهٔ تأثیر بیشتر این شاخص بر نرخ استهلاک سرمایه انسانی است.

در بین کشورهای مورد بررسی جمهوری‌های قرقیزستان و روسیه به ترتیب با مقادیر معادل ۰/۸۸۳ و ۰/۸۸۲ بالاترین میزان استهلاک سرمایه اجتماعی را به خود اختصاص داده‌اند. سایر کشورهای شوروی سابق، آذربایجان، ارمنستان و اکراین با اختلاف اندکی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. کشور اسلوونی با نرخی معادل ۰/۱۵۶ از پایین‌ترین میزان استهلاک اجتماعی برخوردار است. سطح مطلوب شاخص فساد برای این کشور به همراه پایین‌ترین میزان جنایت در بین کشورهای مورد بررسی را می‌توان از دلایل احراز این جایگاه برشمرد. مالزی، چک، مجارستان، استونی و اسلوواکی دارای کمترین نرخ استهلاک اجتماعی پس از اسلوونی می‌باشند.

شاخص استهلاک HUMSOC که از ترکیب دو شاخص استهلاک سرمایه انسانی و اجتماعی به دست آمده در بازهٔ ۰/۲۹۸ و ۰/۷۸۴ قرار می‌گیرد. وضعیت مطلوب شاخص‌های استهلاک سرمایه انسانی و اجتماعی نرخ استهلاک HUMSOC مناسب ۰/۲۹۸ را برای کشور اسلوونی رقم زده است. بالاترین نرخ استهلاک در هر دو شاخص مذکور برای قرقیزستان، سبب شده که شاخص HUMSOC برای این کشور به میزان

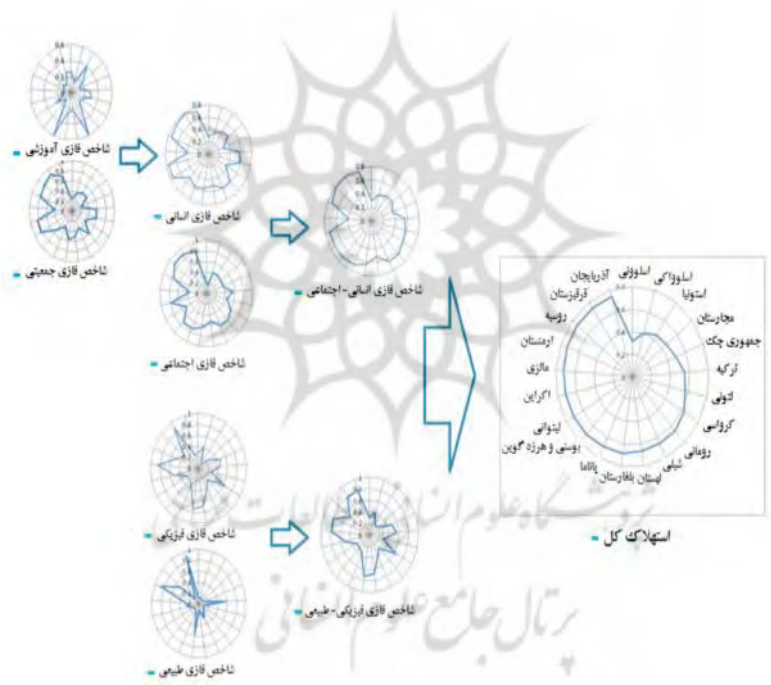
۰/۷۸۴ برسد و روسیه با اختلاف اندکی پس از آن قرار دارد. به طور کلی می‌توان گفت الگوی غالب در شاخص استهلاک HUMSOC بیشتر متأثر از استهلاک سرمایه انسانی است تا اجتماعی. به عنوان مثال علی‌رغم نرخ نسبتاً پایین شاخص استهلاک اجتماعی در کشور لتونی و لیتوانی بالا بودن نرخ استهلاک سرمایه انسانی در این کشورها در کل وضعیت نامناسبی را به لحاظ شاخص HUMSOC در این دو کشور به تصویر می‌کشد. بالا بودن نرخ استهلاک هر دو شاخص در کشورهای شوروی سابق مانند قرقیزستان، روسیه، آذربایجان و ارمنستان اثر هم‌افزایی داشته و نرخ استهلاک سرمایه HUMSOC بالایی را برای آنها به نمایش گذاشته است.

از نظر شاخص استهلاک سرمایه فیزیکی کشور استونی در بهترین شرایط با نرخ استهلاک فیزیکی برابر ۰/۰۹۳۷ قرار دارد، این در حالی است که کشورهایی چون مجارستان با نرخی معادل ۰/۲۵۳، لتونی با ۰/۲۵۶، آذربایجان و لیتوانی مشترکاً با ۰/۲۶۴ و بوسنی با ۰/۲۶۶ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. قرقیزستان با نرخ ۰/۸۹۵، مالزی با نرخ ۰/۸۵۳ و بلغارستان با نرخ ۰/۷۴۱ در گروه کشور های با نرخ استهلاک فیزیکی بالا قرار گرفته‌اند.

از آنجا که غالب کشورهایی که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند سهم ناچیزی از منابع طبیعی چون سوختهای فسیلی دارند در این کشورها نرخ استهلاک طبیعی کم و نمودار به سمت مرکز گرایش پیدا کرده است. کمترین میزان این شاخص برابر است با ۰/۱۱ و به کشورهای جمهوری چک، پاناما، اسلوواکی و اسلوونی تعلق دارد. لازم به ذکر است جهش‌هایی که در نمودار دیده می‌شود مربوط به کشورهای آذربایجان و ارمنستان به ترتیب با نرخ‌های استهلاک طبیعی معادل۰/۹۱۴ و ۰/۸۷۵ است.

از ادغام دو شاخص استهلاک سرمایه فیزیکی و استهلاک سرمایه طبیعی شاخص استهلاک سرمایهPHYNAT محاسبه شده است. استونی و مجارستان با نرخ ۰/۱۱کمترین میزان و آذربایجان با نرخ ۰/۸۱۲ بیشترین میزان استهلاک PHYNAT را نشان می‌دهند.

در این مرحله برای محاسبهٔ شاخص ترکیبی استهلاک کل دو شاخص استهلاک سرمایه HUMSOC و شاخص استهلاک سرمایه PHYNAT در هم ادغام شده‌اند. نتایج برآورد شاخص استهلاک کل در بهترین حالت حاکی از نرخ استهلاک ۰/۳۱۶ برای کشور اسلوونی و در بدترین حالت معادل ۰/۷۴۵ برای کشور آذربایجان می‌باشد. به طور کلی شاخص استهلاک HUMSOC در استهلاک کل نقش تعیین‌کننده‌تری دارد به نحوی که بالا بودن این شاخص در کشورهایی چون استونی و مجارستان بر پایین بودن استهلاک PHYNAT در این کشورها غلبه کرده و نرخ استهلاک کل را افزایش داده است.



نمودار ۲. نتایج حاصل از برآورد شاخصهای ترکیبی استهلاک در قالب نمودارهای ستاره‌ای

منبع: محاسبات روی داده‌های بانک جهانی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB

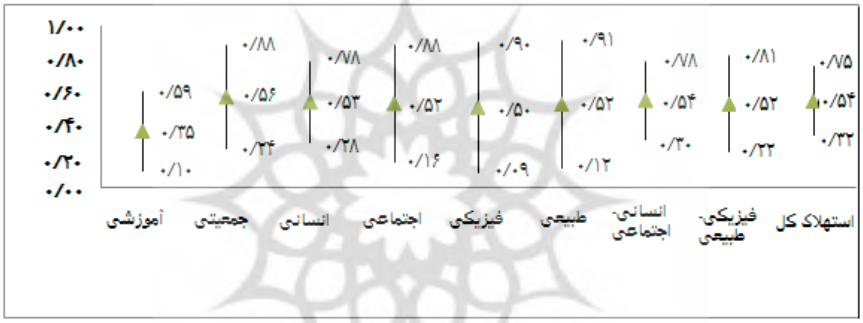
در مجموع هیچ یک از کشورهای مورد بررسی نرخ استهلاک بسیار بالا (۱/۰۰ – ۰/۸۰ :VH) یا بسیار پایین (۰/۲۰ – ۰ :VL) را نشان نمی‌دهند. این یافته با توجه به اینکه کشورهای فقیر و غنی در نمونه مورد ارزیابی قرار ندارند و تنها بر کشورهای در حال توسعه تمرکز کرده‌ایم با پیش‌بینی‌های اولیه سازگار است. کشور اسلوونی با نرخ استهلاک کل برابر با ۰/۳۱۶ از سطح استهلاک کم (۰/۴۰ – ۰/۲۰ :L) برخوردار است. می‌توان وضعیت کشورهای اروپایی چون اسلوواکی، استونی، مجارستان، چک، ترکیه و لتونی را به لحاظ استهلاک ترکیبی کل، نرمال (۰/۶۰ – ۰/۴۰ :N) ارزیابی کرد. در مقابل کشورهای شوروی سابق مانند آذربایجان، قرقیزستان، روسیه، ارمنستان، اکراین، لیتوانی دارای نرخ استهلاک کل بالایی (۰/۶۰ –۰/۸۰ :H) هستند. استهلاک کل در کشورهای مالزی، بوسنی و هرزگوین، پاناما، بلغارستان، لهستان، شیلی، رومانی و کرواسی نیز در سطح بالا ارزیابی شده است.

در پایان بر مبنای نتایج بدست آمده می‌توان گفت دامنهٔ تغییرات خروجی سیستم فازی نسبت به پراکندگی مقداری متغیرهای ورودی محدودتر می‌باشد که در هر مرحله از استخراج شاخص استهلاک کل قابل مشاهده است. همان گونه که در نمودار (۳) نشان داده شده دامنهٔ تغییرات شاخص استهلاک کل از بازه تغییر مقادیر دو شاخص تشکیل‌دهندهٔ آن یعنی HUMSOC و PHYNAT کمتر است.

۷. وضعیت استهلاک سرمایه در ایران

به دلیل کمبود اطلاعات، جمهوری اسلامی ایران در میان ۲۱ کشور مورد بررسی قرار نگرفته است. همانگونه که در جدول زیر مشاهده می‌شود از مجموع ده متغیر مورد استفاده در محاسبه شاخص استهلاک کل، چهار متغیر «نسبت جنایت میان ۱۰۰۰۰۰ نفر ساکنان یک کشور»، «نرخ بیکاری افراد دارای تحصیلات تکمیلی از کل بیکاران»، «نسبت دانش‌آموزان دبیرستانی مردود به کل دانش‌آموزان» و «اتلاف ناشی از قطعی برق» در دسترس نمی‌باشد. در این حالت ارزیابی شاخص استهلاک آموزشی به دلیل نبود اطلاعات

امکانپذیر نیست. همچنین شاخص‌های استهلاک فیزیکی، اجتماعی و کل از دقت کافی برخوردار نخواهد بود. با این حال یکی از مزایای رویکرد فازی آن است که حذف پاره‌ای از داده‌ها کل سیستم را مختل نمی‌کند. برای حل این معضل مقادیر داده‌های حذف شده را با فرض بهترین حالت ممکن (کمترین میزان استهلاک) جایگزین کرده‌ایم. همچنین از آنجا که نسبت خالص مهاجرت به جمعیت وخیم‌تر از کرانه پایین مورد استفاده در تحلیل ۲۱ کشور بوده است این عدد با کرانه پایین (۰/۳-) جایگزین شده است. در این حالت نرخهای تخمینی استهلاک اجتماعی، فیزیکی و کل، کرانه پایین نرخهای استهلاک را نشان می‌دهد و استهلاک واقعی ممکن است بسیار بیش از شاخص برآوردی باشد.



نمودار ۳. دامنه تغییرات شاخصهای ترکیبی فازی استهلاک

منبع: محاسبات روی داده‌های بانک جهانی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB

جدول ۲. داده‌های پایه استهلاک در ایران

استهلاک انسانی				استهلاک اجتماعی		استهلاک فیزیکی		استهلاک طبیعی	
استهلاک آموزشی		استهلاک جمعیتی							
دانش‌آموزان دبیرستانی مردود	نرخ بیکاری تحصیلکرده‌ها	خالص سرانه مهاجرت	امید به زندگی	نسبت جنایت	تلقی عمومی از فساد	خودروها در هر کیلومتر	اتلاف قطعی برق	اتلاف آلودگی ذرات آلاینده	رانت منابع طبیعی
–	–	۰/۷۰-	۷۱/۲۵	–	۲/۶	۵۳	–	۱	۴۳/۲۵

منبع: پایگاه داده‌ای بانک جهانی- شاخصهای توسعه جهانی (WDI)- میانگین داده‌های ۲۰۰۶ الی ۲۰۰۹

در جدول (۳) برآورد حداقل نرخهای استهلاک برای ایران آمده است. شواهد ارائه شده از وخامت وضعیت استهلاک در ایران حکایت دارد. در این جدول حداقل نرخ استهلاک برآوردی برای ایران با ۲۱ کشور نمونه مقایسه شده و رتبه ایران گزارش شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود برآوردهای حداقل نرخ استهلاک در ایران نتوانسته است رتبه‌ای بهتر از ۱۷ در میان ۲۲ کشور کسب نماید.

جدول ۳. برآورد کرانه پایینی نرخ استهلاک در ایران

	آموزشی	جمعیتی	انسانی	اجتماعی	انسانی- اجتماعی	فیزیکی	طبیعی	فیزیکی- طبیعی	کل
حداقل نرخ استهلاک در ایران	-	۰/۸۲۴	۰/۷۴۹	۰/۷۹۴	۰/۷۳۹	۰/۶۱۵	۰/۷۴۴	۰/۷۱۲	۰/۷۱۷
رتبه در میان ۲۲ کشور	-	۲۰	۱۹	۱۹	۱۹	۱۷	۲۰	۱۷	۱۷

منبع: محاسبات روی داده های بانک جهانی با استفاده از نرم افزار MATLAB

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که کشور ایران از نظر حفاظت از سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی و طبیعی در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. این نتیجه با یافته‌های عاقلی و صادقی (۱۳۸۰) و عاقلی و حسینی (۱۳۸۹) که به بررسی پایداری توسعه در ایران پرداخته‌اند همسو است. عاقلی و حسینی (۱۳۸۹) درجه پایداری کلی ایران را با سه کشور توسعه‌یافته و دو کشور در حال توسعه (کلمبیا و ماداگاسکار) مقایسه کرده‌اند. در این ارزیابی ایران ضعیف‌ترین ارزیابی کلی را دارا می‌باشد. لازم به ذکر است در این تحقیق شاخص پایداری کل از ترکیب دو شاخص «یکپارچگی اکولوژیکی» و «یکپارچگی انسانی» به دست آمده که با شاخصهای «استهلاک طبیعی» و «استهلاک انسانی» قرابت دارد. در نتیجه توصیه سیاستگذاری آن است که با اتخاذ راهبردهای مؤثر حفاظت از منابع در اولویت قرار گیرد.

۸. جمع‌بندی

این پژوهش نخستین گام در به رسمیت شناختن نقش عوامل اتلاف سرمایه در ادبیات تجربی رشد و توسعه است. در این تحقیق برآوردی از شاخصهای استهلاک سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی و طبیعی به همراه شاخص استهلاک کل برای ۲۱ کشورِ در حال توسعه ارائه شده است. پژوهشهای بیشتری در راستای توسعه مدل فوق به کشورهای دیگر و نیز افزودن سایر متغیرهای مرتبط نیاز است. همچنین پیشنهاد می‌شود جهت‌گیری نهادهای مسئولِ جمع‌آوری اطلاعات، علاوه بر عوامل انباشت سرمایه، به عوامل مؤثر بر استهلاک سرمایه نیز تسری یابد.

نتایج مدل فازی بیانگر آن است که اکثر کشورهای مورد بررسی در محدوده استهلاک بالا قرار دارند. با این حال مواردی نظیر اسلوونی نیز وجود دارد که سطح استهلاک مطلوب (کم) ارزیابی شده است.

یک مشاهده قابل توجه آن است که در شاخصهای استهلاک، همگرایی منطقه‌ای دیده می‌شود. به عنوان مثال دو کشور نماینده آمریکای لاتین بالاترین شاخصهای استهلاک آموزشی را نشان می‌دهند در حالیکه پایین‌ترین شاخصهای استهلاک جمعیتی به کشورهای در حال توسعه اروپایی اختصاص یافته است. همچنین اکثر کشورهای منشعب از شوروی سابق رفتارهای مشابهی نشان می‌دهند. این کشورها عمدتاً گرفتار سطح بالای استهلاک طبیعی و اجتماعی هستند.

هر چند عدم دسترسی به اطلاعات برآورد دقیق شاخصهای استهلاک را در ایران ناممکن می‌کند، حاصل محاسبات کرانه پایینی استهلاک در ایران زنگ‌های خطر را به صدا درمی‌آورد. توصیه سیاست‌گذاری این است که به اتلاف سرمایه‌ها خصوصاً سرمایه‌های انسانی و اجتماعی توجه ویژه مبذول شود.

منابع

شعبانی‌نیا ف. و سعیدنیا س. (۱۳۸۸). *مقدمه‌ای بر منطق فازی با استفاده از MATLAB*. تهران: انتشارات خانیران.

شکیبایی ع. و صادقی ح. (۱۳۸۲). مدل‌سازی اقتصاد زیرزمینی با روش منطق فازی، مجله تحقیقات اقتصادی ، (۶۲): ۱۷۵-۱۹۴.

صادقی ح. و مسائلی ا. (۱۳۸۷). رابطهٔ رشد اقتصادی و توزیع درآمد با روند فقر در ایران با استفاده از رویکرد فازی. فصلنامهٔ علمی پژوهشی رفاه اجتماعی، سال هفتم، شماره ۲.

طاهری، س. م. (۱۳۷۸). *آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی*. مشهد: جهاد دانشگاهی.

عاقلی ل. و حسینی م.ع. (۱۳۸۹). سنجش پایداری توسعه درایران با مدل فازی. مجموعه مقالات دهمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی (دانشکده علوم ریاضی)، ۲۴-۲۲ تیرماه ۱۳۸۹.

عاقلی ل. و صادقی ح. (۱۳۸۰). روند تخریب زیست‌محیطی در ایران کاربرد منطق فازی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره(۳): ۱۵۱-۱۷۳.

Andriantiatsaholiniaina, L. A., Kouikoglou, V. S., & PhillisY. A., (2004); "Evaluating strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis", *Ecological Economics*,48,149-172

Cornelissen, A., Berg, J. v., Koops, W., Grossman, M., & Udo, H. (2001); "Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86l: 173–185.

Kikert, WJM, & Mamdani, E. H. (1978); "Analysis of a Fuzzy Logic Controller", *Fuzzy Sets and Systmes* 1: 29-44.

Mendoza, G. A., & Prabhu, R. (2003);"Fuzzy methods for assessing criteria and indicators of sustainable forest menagement", *Ecological Indicators*, 3: 227-236.

Phillis, Y. A., & Andriantiatsaholiniaina, L. A. (2001); "Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy lugic", *Ecological Economics*, 37: 435-456.

Prato, T. (2005);"A fuzzy logic approach for evaluating ecosystem sustainability", *Ecological Modelling* , 187: 361–368.

Solow, R. M. (1956);"A Contribution to the Theory of Economic Growth", *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1. , 65-94.

Zimmermann, H. (1991); Fuzzy sets theory and its application, (2nd ed.). Boston,MA: Kluwer.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست (۱) همبستگی میان متغیرهای پایه

همبستگی	نرخ بیکاری تحصیل کردگان	دانش آموزان دبیرستانی مردودی	خالص سرانه ی مهاجرت	امید به زندگی	نسبت جنایت	تلقی عمومی از فساد	اتلاف قطعی برق	خودروها در هر کیلومتر	اتلاف آلودگی ذرات آلاینده	رانت منابع طبیعی
نرخ بیکاری تحصیل کردگان	۱	-۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۳۲	۰/۶۴	-۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۶	-۰/۱۲	۰/۳۱
دانش آموزان دبیرستانی مردودی	-۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۴۱	-۰/۲۴	-۰/۳۱	۰/۰۲	-۰/۱۹
خالص سرانه ی مهاجرت	۰/۰۱	۰/۱۸	۱/۰۰	۰/۴۵	-۰/۱۳	۰/۳۸	-۰/۲۷	۰/۱۹	-۰/۴۰	۰/۰۰
امید به زندگی	-۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۴۵	۱/۰۰	-۰/۳۲	۰/۷۱	-۰/۵۳	۰/۳۰	-۰/۰۵	-۰/۲۸
نسبت جنایت	۰/۶۴	۰/۱۵	-۰/۱۳	-۰/۳۲	۱/۰۰	-۰/۱۲	۰/۱۹	-۰/۲۴	-۰/۲۰	۰/۲۱
تلقی عمومی از فساد	-۰/۱۲	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۷۱	-۰/۱۲	۱/۰۰	-۰/۴۹	۰/۰۶	-۰/۱۹	-۰/۲۸
اتلاف قطعی برق	۰/۱۵	-۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۵۳	۰/۱۹	-۰/۴۹	۱/۰۰	-۰/۱۵	-۰/۰۱	-۰/۰۲
خودروها در هر کیلومتر	۰/۱۶	-۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۳۰	-۰/۲۴	۰/۰۶	-۰/۱۵	۱/۰۰	۰/۲۱	-۰/۰۶
اتلاف آلودگی ذرات آلاینده	-۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۴۰	-۰/۰۵	-۰/۲۰	-۰/۱۹	-۰/۰۱	۰/۲۱	۱/۰۰	-۰/۱۷
رانت منابع طبیعی	۰/۳۱	-۰/۱۹	۰/۰۰	-۰/۲۸	۰/۲۱	-۰/۲۸	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۱۷	۱/۰۰

پیوست (۲) داده‌های پایه مدل ارزیابی شاخصهای ترکیبی فازی استهلاک

	استهلاک سرمایه انسانی				استهلاک سرمایه اجتماعی		استهلاک سرمایه فیزیکی و زیر ساختی		استهلاک منابع طبیعی	
	آموزشی		جمعیتی							
	نرخ بیکاری تحصیلکرده‌ها	دانش‌آموزان دبیرستانی مردودی	خالص سرانه‌ی مهاجرت	امید به‌زندگی	نسبت جنایت	تلقی عمومی‌از فساد	اتلاف قطعی برق	خودروها درهر کیلومتر	اتلاف آلودگی ذرات آلاینده	رانت منابع طبیعی
ارمنستان	۰/۰۰	۱۳/۰۰	-۰/۰۲۴	۷۳/۵۰	۲/۳۳	۲/۹۳	۴۲/۰۰	۱/۸۰	۱/۷۵	۱/۰۰
آذربایجان	۱/۰۰	۱۴/۰۰	-۰/۰۰۶	۷۰/۰۰	۲/۰۰	۲/۱۵	۱۳/۰۰	۱/۸۰	۰/۰۰	۶۰/۷۵
بوسنی و هرزگوین	۰/۰۰	۴/۰۰	-۰/۰۰۳	۷۵/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۸	۲۳/۰۰	۱/۹۰	۰/۰۰	۱/۷۵
بلغارستان	۲/۰۰	۱۰/۰۰	-۰/۰۰۷	۷۳/۰۰	۲/۰۰	۳/۸۸	۶۷/۰۰	۱/۴۰	۱/۰۰	۲/۰۰
شیلی	۳/۳۳	۲۴/۶۷	۰/۰۰۲	۷۸/۷۵	۱۱/۳۳	۶/۹۸	۳۶/۰۰	۱/۸۰	۰/۰۰	۲۰/۷۵
کرووواسی	۰/۳۳	۱۱/۲۵	۰/۰۰۲	۷۶/۰۰	۱/۶۷	۴/۰۰	۵۷/۶۷	۰/۸۰	۰/۰۰	۱/۷۵
جمهوری چک	۱/۰۰	۴/۵۰	۰/۰۲۲	۷۷/۰۰	۲/۰۰	۵/۰۳	۴۱/۰۰	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰
استونیا	۴/۰۰	۱۸/۰۰	۰/۰۰۰	۷۳/۷۵	۶/۶۷	۶/۶۰	۱۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۰۰	۱/۰۰

مجارستان	۳/۰۰	۸/۰۰	۰/۰۰۷	۷۳/۵۰	۱/۶۷	۵/۱۸	۲۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۰۰	۱/۰۰
قرقیزستان	۰/۰۰	۱۰/۰۰	-۰/۰۱۴	۶۷/۲۵	۸/۰۰	۲/۱۰	۹/۰۰	۱۰/۵۰	۰/۰۰	۱/۰۰
لتونی	۴/۳۳	۱۴/۰۰	-۰/۰۰۴	۷۱/۷۵	۴/۶۷	۴/۷۵	۱۴/۶۷	۱/۱۰	۰/۰۰	۱/۲۵
لیتوانی	۱/۰۰	۱۴/۵۰	-۰/۰۳۰	۷۱/۷۵	۸/۳۳	۴/۷۸	۲۲/۵۰	۰/۷۰	۰/۰۰	۱/۰۰
مالزی	۰/۰۰	۲۵/۰۰	۰/۰۰۵	۷۴/۲۵	۲/۰۰	۴/۹۳	۸۳/۰۰	۳/۰۰	۰/۰۰	۱۶/۷۵
پاناما	۵/۰۰	۲۵/۰۰	۰/۰۰۳	۷۵/۷۵	۱۱/۰۰	۳/۲۸	۳۰/۰۰	۲/۴۰	۰/۰۰	۰/۰۰
لهستان	۲/۳۳	۹/۵۰	-۰/۰۰۳	۷۵/۵۰	۱/۰۰	۴/۳۸	۵۷/۵۰	۱/۹۰	۰/۰۰	۱/۰۰
رومانی	۲/۰۰	۶/۵۰	-۰/۰۰۹	۷۲/۷۵	۲/۰۰	۳/۶۰	۲۴/۰۰	۲/۲۰	۰/۰۰	۳/۰۰
روسیه	۰/۳۳	۳۲/۰۰	۰/۰۰۲	۶۷/۷۵	۱۶/۳۳	۲/۳۳	۳۵/۰۰	۱/۲۰	۰/۰۰	۲۸/۵۰
جمهوری اسلواکی	۱/۶۷	۴/۵۰	۰/۰۰۴	۷۴/۵۰	۲/۰۰	۴/۷۸	۳۵/۰۰	۰/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰
اسلوونی	۱/۰۰	۱۲/۵۰	۰/۰۱۱	۷۸/۷۵	۱/۰۰	۶/۵۸	۲۸/۶۷	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰
ترکیه	۵/۰۰	۱۲/۵۰	-۰/۰۰۱	۷۲/۰۰	۳/۳۳	۴/۲۳	۲۴/۰۰	۲/۸۰	۱/۰۰	۰/۰۰
اکراین	۰/۰۰	۳۹/۰۰	-۰/۰۰۲	۶۸/۲۵	۵/۶۷	۲/۶۵	۴۰/۰۰	۴/۴۰	۰/۰۰	۴/۷۵

پیوست (۳) شاخصهای ترکیبی فازی استهلاک

	آموزشی (EDU)	جمعیتی (HCO)	انسانی (HUM)	اجتماعی (SOC)	انسانی-اجتماعی (HUMSOC)	فیزیکی (PHY)	طبیعی (NAT)	فیزیکی-طبیعی (PHYNAT)	استهلاک کل (Overall DEP)
ارمنستان	۰/۱۰۳	۰/۷۸۳	۰/۷۳۲	۰/۷۵۵	۰/۷۲۵	۰/۵۰۲	۰/۸۷۵	۰/۷۷۸	۰/۷۳۳
آذربایجان	۰/۲۶۲	۰/۷۲۷	۰/۷۱۱	۰/۸۳۵	۰/۷۵۴	۰/۲۶۴	۰/۹۱۴	۰/۸۱۲	۰/۷۴۵
بوسنی و هرزگوین	۰/۰۹۷۶	۰/۵۰۴	۰/۵۰۴	۰/۷۳۸	۰/۷۱۷	۰/۲۶۶	۰/۱۲۵	۰/۲۹۵	/۷۰۵
بلغارستان	۰/۲۴۶	۰/۵۵۹	۰/۵۵۲	۰/۶۳۳	۰/۶۳	۰/۷۴۱	۰/۵۶۸	۰/۷۱۶	۰/۶۹۱
شیلی	۰/۵۹۲	۰/۳۶۳	۰/۵۹۲	۰/۶۶۱	۰/۶۵۸	۰/۴۰۱	۰/۲۸۳	۰/۴۰۷	۰/۶۵۶
کرووواسی	۰/۱۵۷	۰/۳۵۱	۰/۳۵۲	۰/۵۹۹	۰/۵۹۳	۰/۶۴۳	۰/۱۲۵	۰/۶۳۲	۰/۶۲۸
جمهوری چک	۰/۱۲۸	۰/۲۳۷	۰/۲۷۷	۰/۳۶۷	۰/۳۶۹	۰/۴۹۱	۰/۱۱۶	۰/۴۹	۰/۴۸۸
استونیا	۰/۳۹۷	۰/۴۳۹	۰/۴۳۸	۰/۳۹۷	۰/۴۳۸	۰/۰۹۳۷	۰/۱۱۷	۰/۲۱۵	۰/۴۴۵
مجارستان	۰/۲۰۷	۰/۴۵۹	۰/۴۵۴	۰/۳۸۷	۰/۴۵۱	۰/۲۵۳	۰/۱۱۷	۰/۲۱۵	۰/۴۵۷
قرقیزستان	۰/۱۱۳	۰/۸۸۱	۰/۷۸۲	۰/۸۸۳	۰/۷۸۴	۰/۸۹۵	۰/۱۱۷	۰/۷۸۸	۰/۷۳۷
لتونی	۰/۳۰۷	۰/۵۹۲	۰/۵۸۴	۰/۴۴۳	۰/۵۷۶	۰/۲۵۹	۰/۱۱۹	۰/۲۸۹	۰/۵۶۸
لیتوانی	۰/۲۶۲	۰/۸۳	۰/۷۵۲	۰/۴۹۳	۰/۷۲۳	۰/۲۶۴	۰/۱۱۷	۰/۲۹۲	۰/۷۰۸
مالزی	۰/۱۱۱	۰/۳۸۷	۰/۳۹۲	۰/۳۶۹	۰/۳۹۲	۰/۸۵۳	۰/۲۸۲	۰/۷۶۳	۰/۷۲۳

پاناما	۰/۵۸۲	۰/۳۲۱	۰/۵۷۴	۰/۷۲۴	۰/۷۰۶	۰/۳۲۷	۰/۱۱۶	۰/۳۴	۰/۶۹۲
لهستان	۰/۲۳۹	۰/۵۰۳	۰/۵۰۳	۰/۵۲۲	۰/۵۱۹	۰/۶۸۵	۰/۱۱۷	۰/۶۶۸	۰/۶۶۶
رومانی	۰/۱۸	۰/۵۹۶	۰/۵۸۹	۰/۶۵۹	۰/۶۵۷	۰/۲۷۵	۰/۱۵۳	۰/۲۹۴	۰/۶۵۵
روسیه	۰/۱۵۷	۰/۸۲۲	۰/۷۴۹	۰/۸۸۲	۰/۷۸۳	۰/۳۷۱	۰/۴۹۹	۰/۴۹۹	۰/۷۳۵
جمهوری اسلواکی	۰/۱۴	۰/۳۶۲	۰/۳۶۴	۰/۴۰۲	۰/۴۰۲	۰/۳۸۹	۰/۱۱۶	۰/۳۹۲	۰/۴۰۵
اسلوونی	۰/۲۶۲	۰/۲۴۱	۰/۲۸۱	۰/۱۵۶	۰/۲۹۸	۰/۲۹۵	۰/۱۱۶	۰/۳۱۴	۰/۳۱۶
ترکیه	۰/۲۷۴	۰/۵۶۹	۰/۵۶۱	۰/۵۵۸	۰/۵۵۳	۰/۴۳۸	۰/۵۶۴	۰/۵۵۶	۰/۵۴۹
اکراین	۰/۱۰۳	۰/۸۲۱	۰/۷۴۸	۰/۷۸۹	۰/۷۳۷	۰/۵۰۵	۰/۲۴۲	۰/۵۰۴	۰/۷۱۶
بیشینه	۰/۵۹۲	۰/۸۸۱	۰/۷۸۲	۰/۸۸۳	۰/۷۸۴	۰/۸۹۵	۰/۹۱۴	۰/۸۱۲	۰/۷۴۵
کمینه	۰/۰۹۷۶	۰/۲۳۷	۰/۲۷۷	۰/۱۵۶	۰/۲۹۸	۰/۰۹۳۷	۰/۱۱۶	۰/۲۱۵	۰/۳۱۶