

Introducing and Calculating the Combined Unemployment Index in Iran using Fuzzy Logic

Nasim Ghobashi

Phd Student, Faculty of Economics, shahid chamran university of ahvaz, Ahvaz, Iran.
nasimghobashi@yahoo.com

Masood Khodapanah

Corresponding Author, Associate professor, Faculty of Economics, shahid chamran university of ahvaz, Ahvaz, Iran. khodapanah@scu.ac.ir

Mansour Zarra Nezhad

Professor, Faculty of Economics, shahid chamran university of ahvaz, Ahvaz, Iran.
zarram@gmail.com

Abstract:

One of the most important issues in the study and analysis of the economic structure of societies is the situation of the labor force, to the extent that in terms of policy-making and analysis of the performance of economic policies and programs, this issue has found a very special place. Most media outlets and policymakers rely solely on the unemployment rate to analyze the state of the labor market, while the unemployment rate is only one aspect of the labor market and its mere emphasis on it ignores other signs of the labor market. In addition to the unemployment rate, the level of literacy, income, wages and compensation costs of services and wages, the degree of being formal or contractual, income distribution and several other variables are also important in determining the status of the workforce.

This article, for the first time, uses a fuzzy logic approach to determine the combined index of labor force status and unemployment in Iran. For this purpose, basic variables of labor market in the period 1384 to 1398 have been used. The results of the combined labor force status index to fuzzy logic show that from 1384 to 1398, the labor force situation in Iran has been fluctuating a lot. Unemployment has been declining from 1386 to 1390. On the other hand, from 1390 to 1392, the trend of the combined unemployment index will be upward. Also, from 1393 to 1396, the trend of the composite index decreased and rose again.

Keywords: labor, labor market, hybrid index, fuzzy logic.

JEL Classification: J21, J82, J54

معرفی و محاسبه شاخص ترکیبی بیکاری در ایران با استفاده از منطق فازی

نسیم قباشی

دانشجو دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
nasimgobashi@yahoo.com

مسعود خداپناه

نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
khodapanah@scu.ac.ir

منصور زرنژاد

استاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
zarram@gmail.com

چکیده

در بررسی و تحلیل ساختار اقتصادی جوامع، از مهم‌ترین مسائل، وضعیت نیروی کار است تا حدی که از لحاظ سیاست‌گذاری و تحلیل عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌های اقتصادی، این مسئله جایگاه بسیار ویژه‌ای پیدا کرده است. اغلب رسانه‌ها و سیاست‌گذاران برای تحلیل و بررسی وضعیت بازار کار، صرفاً نرخ بیکاری را ملاک قرار می‌دهند؛ این در حالی است که نرخ بیکاری تنها یک جنبه از بازار کار است و تأکید صرف بر آن، موجب نادیده گرفتن سایر علائم بازار کار می‌گردد. به غیر از نرخ بیکاری، سطح سواد، درآمد، دستمزد و هزینه‌های جبران خدمات و دستمزد، میزان رسمی یا قراردادی بودن، توزیع درآمد و چندین متغیر دیگر نیز در تعیین وضعیت نیروی کار دارای اهمیت هستند.

این مقاله برای اولین بار با رویکرد منطق فازی، به تعیین شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار و بیکاری در ایران پرداخته است. بدین منظور از ۸ متغیر اساسی بازار نیروی کار در دوره زمانی ۱۳۸۴ الی ۱۳۹۸ استفاده شده است. نتایج شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار به منطق فازی نشان می‌دهد که از سال ۸۴ تا ۹۸ در ایران وضعیت نیروی کار با نوسان زیادی مواجه بوده است.

به طوری که از سال ۸۶ الی ۹۰ وضعیت بیکاری روند نزولی داشته است. از طرفی از سال ۹۰ الی ۹۲ روند شاخص ترکیبی بیکاری صعودی می شود. همچنین مجدداً از سال ۹۳ تا ۹۶ روند شاخص ترکیبی نزولی شده و مجدداً صعودی می شود.

کلیدواژه‌ها: نیروی کار، بازار کار، شاخص ترکیبی، منطق فازی،

طبقه بندی JEL: J21, J82, J54

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵ تاریخ بازبینی: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳

فصلنامه راهبرد اقتصادی، سال ۱۰، شماره ۴، پیاپی ۳۹، زمستان ۱۴۰۰، صص ۷۲۷-۷۵۲

۱- مقدمه

در بررسی و تحلیل ساختار اقتصادی جوامع، از مهم‌ترین مسائل و وضعیت نیروی کار است تا حدی که از لحاظ سیاست‌گذاری و تحلیل عملکرد سیاست‌ها و برنامه‌های اقتصادی، این مسئله جایگاه بسیار ویژه‌ای پیدا کرده است. نگاهی به برنامه‌های اقتصادی و قانون اساسی و قوانین کار کشورهای مختلف دنیا، مؤید این موضوع می‌باشد. در همه مطالعاتی که الزامات قانونی، حقوقی و اجتماعی مربوط به اشتغال نیروی کار را یادآوری کرده‌اند، به این موضوع پرداخته می‌شود که اصولاً انسان‌ها با کار خلاق و سودمند خود، تولید ارزش می‌کنند و همچنین اشاره می‌کنند که انسان‌ها را باید به کار سودمند و باارزش واداشت تا در این فرایند فکر کنند و تحول یابند زیرا در سایه کوشش‌های کاری و خلق آثار جدید است که استعدادهای درونی خود را شکوفا می‌سازند (طائی، ۱۳۷۷).

اغلب رسانه‌ها و سیاست‌گذاران برای تحلیل و بررسی وضعیت بازار کار، صرفاً نرخ بیکاری را ملاک قرار می‌دهند، این در حالی است که نرخ بیکاری تنها یک جنبه از بازار کار است و تأکید صرف بر آن، موجب نادیده گرفتن سایر علائم بازار کار می‌گردد (ILO, 2016).

یکی از نقدهایی که بر شاخص بیکاری مطرح شده این است که نرخ بیکاری اطلاعات مربوط به ترکیب جمعیت بیکاران را پنهان می‌کند و بنابراین شامل خصوصیات مربوط به میزان تحصیلات، قومیت، پس‌زمینه اجتماعی-اقتصادی و

تجربه‌ی شغلی بیکاران نمی‌شود. به علاوه نرخ بیکاری اطلاعاتی درباره نوع بیکاری (ساختاری، فصلی) و دوره آن (کوتاه‌مدت یا بلندمدت) به دست نمی‌دهد. این در حالی است که نوع بیکاری در راستای توسعه خط‌مشی‌ها در امر سیاست‌گذاری بسیار مهم است به ویژه با توجه به اینکه بیکاری ساختاری نمی‌تواند تنها با تقویت تقاضای بازار مورد بررسی قرار گیرد (همان).

با توجه به اهمیت مسئله بیکاری و تبعاتی که برای دولت‌ها به همراه دارد سازمان بین‌المللی کار (ILO)^۱ در نهمین ویرایش از گزارش شاخص‌های کلیدی بازار کار که در سال ۲۰۱۶ منتشر شده است اعلام کرد ضروری است تا در به‌کارگیری شاخص کلیدی بیکاری، دقت‌های لازم صورت گیرد و در راستای دستیابی به تصویری کامل از وضعیت بازار کار، در کنار نگاهی پویا، عمیق و جامع، سایر شاخص‌های کلیدی این بازار را نیز به کار بست (همان).

این سازمان تأکید کرد که صرف تکیه بر یک شاخص مثل شاخص کلیدی بیکاری، نمی‌توان به واقعیات بازار کار پی برد چرا که نرخ مربوط به این شاخص یعنی نرخ بیکاری، به تنهایی تصویری نزدیک به واقعیت شرایط بازار کار را نمایش نمی‌دهد و دارای محدودیت‌هایی است که عدم توجه به آن‌ها، تحلیل‌های سیاست‌مداران و تصمیم‌سازان اقتصادی از وضعیت بازار کار را مخدوش می‌سازد (همان).

در کشور ما ایران نیز لازم است این نکته مدنظر قرار گیرد و در به‌کارگیری شاخص‌های کلیدی بازار کار دقت شود؛ زیرا از آنجا که نرخ بیکاری تنها تحولات جمعیت فعال نیروی کار را پوشش می‌دهد، نمی‌تواند بیانگر تمامی تحولات بازار کار از جمله وضعیت جمعیت غیر فعال کشور باشد آن هم در شرایطی که در بازار کار ایران، نسبت جمعیت غیر فعال به کل جمعیت، نسبت بزرگ‌تری در مقایسه با میانگین جهان و بسیاری از کشورها است (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۵).

از این روی، تصمیمات جمعیت غیر فعال کشور برای ورود به بازار کار یا خارج ماندن از آن اثری غالب بر تحولات بازار کار و نرخ‌های آن دارد که لازم است در تحلیل‌ها و سیاست‌گذاری‌ها مورد توجه قرار گیرد. به طور مثال اگر در یک فصل،

^۱International Labour Organisation (ILO)

نرخ بیکاری کاهش یابد آیا می‌توان این کاهش را به عنوان یک سیگنال از بهبود شرایط بازار کار در نظر گرفت؟ ممکن است بخشی از جمعیت فعال (شاغل و بیکار) در اثر عوامل مختلف (از جمله کیفیت پایین شغل یا مایوس شدن بیکاران از یافتن شغل مناسب) تصمیم به خروج از بازار کار گرفته باشند بدین معنی که با نیافتن شغل مناسب، موقتاً غیر فعال شوند (به عنوان مثال به سمت افزایش تحصیلات بروند) و مجدداً در فصول آتی به بازار کار برگردند. بر این اساس نمی‌توان صرفاً با اتکا به کاهش یا افزایش نرخ بیکاری به تحلیل بازار کار پرداخت و بر مبنای آن سیاست‌گذاری کرد. به خصوص در فضای کنونی اقتصاد ایران که هم از لحاظ جمعیتی و هم از لحاظ اقتصادی یک دوره‌ی گذار به حساب می‌آید (همان). مهم‌ترین نوآوری مقاله حاضر این است که برای اولین بار شاخصی ترکیبی از وضعیت نیروی کار و بیکاری ارائه می‌دهد. لذا پس از بیان پیشینه تحقیق و روش‌شناسی منطق فازی، به برآورد و تعیین شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار و بیکاری در ایران پرداخته خواهد شد و نوسانات آن در دوره زمانی مشخص، بررسی خواهد شد.

۲- پیشینه تحقیق

روش مجموعه‌های فازی و منطق فازی در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان علوم مختلف از جمله اقتصاددانان قرار گرفته است. منطق فازی یا منطق مبهم، بسیاری از مفاهیم کیفی و متغیرهایی که از دقت لازم برخوردار نیستند و مبهم هستند را به زبان ریاضی بیان می‌کند و شرایط لازم برای استدلال، نتیجه‌گیری و تصمیم‌گیری در هنگام وجود چنین متغیرهایی را فراهم می‌نماید. ساخت شاخص با این روش هم در میان محققان رواج پیدا کرده است. هرچند در حد جست‌وجو، شاخصی در حوزه بازار کار یافت نشد که با روش منطق فازی برآورد شده باشد.

در ادامه به برخی تحقیقات داخلی و خارجی که با این روش به ساخت شاخص در حوزه‌های دیگر اقتصاد پرداخته‌اند، اشاره می‌شود.

دریسک و جیلز^۱ (۲۰۰۲) با روش منطق فازی به مدل‌سازی اقتصاد زیرزمینی نیوزلند پرداخته‌اند. در این تحقیق از دو متغیر برای ساخت شاخص استفاده شده است. این متغیرها با استفاده از میانگین متحرک شش ساله و انحراف معیار داده‌ها به صورت فازی درآمده‌اند. برای تعیین سطح کیفی متغیرها و تبدیل آن‌ها به متغیرهای زبانی، از یک رویکرد پایه‌ای استفاده شده است.

یو و همکاران^۲ (۲۰۰۶) در تحقیقی مشابه با تحقیق دریسک و جیلز (۲۰۰۲) به تخمین حجم اقتصاد زیرزمینی کشور تایوان برای دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۳ پرداخته‌اند. در این تحقیق نیز دو متغیر برای تخمین حجم اقتصاد زیرزمینی استفاده شده است، اما در این تحقیق، مقدار شکست سطح نرمال در هر سال، از میانگین متحرک تامی داده‌های سال‌های قبل به دست آمده است و با اضافه و کم کردن یک و دو انحراف معیار، مقادیر شکست سایر سطوح نیز محاسبه شده است.

احمدی (۱۳۸۱) با فرض آنکه درآمد سرانه و بار مالیاتی مستقیم مهم‌ترین عوامل پدیده اقتصاد سیاه در ایران باشند با استفاده از روش فازی به این نتیجه رسیده است که روند پدیده اقتصاد سیاه طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۷ از پایداری نسبی برخوردار بوده است.

شکیبایی و صادقی (۱۳۸۲) حجم اقتصاد زیرزمینی در دوره ۱۳۴۳-۱۳۷۸ را با به کار بردن دو متغیر و با روش منطق فازی به دست آورده‌اند. در این تحقیق با استفاده از میانگین متحرک و انحراف معیار، برای هر سال، یک مقدار پایه به دست آمده و در نهایت با منتسب کردن مقادیر ۰، ۰،۲۵، ۰،۵، ۰،۷۵، ۱ به متغیرهای زبانی متغیر خروجی، مرحله غیر فازی سازی انجام شده است.

صادقی و همکاران (الف) (۱۳۸۹) با رویکردی اقتصادی و با استفاده از روش منطق فازی به اندازه‌گیری فساد در ایران طی دوره ۱۳۴۵-۱۳۸۶ پرداخته‌اند. در این تحقیق دو متغیر برای ساخت شاخص استفاده شده است و از توابع گوسی با پنج حالت (خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم) برای تعیین مقادیر عضویت

^۱Draeseke & Giles

^۲Yu & et al

استفاده شده است. سیستم فازی با موتور استنتاج ضرب، فازی ساز منفرد و غیر فازی ساز میانگین مرکز طراحی شده است و اندازه فساد ایران را به کمک این سیستم تقریب زده‌اند.

سعادت (۱۳۸۷) با استفاده از روش منطق فازی به برآورد سطح سرمایه اجتماعی در ایران پرداخته است. در این تحقیق پس از بررسی پایه‌های نظری و تجربی سرمایه اجتماعی با استفاده از میزان این سرمایه که برای سال ۱۳۸۰ تخمین زده شده است، روند سرمایه اجتماعی استخراج شده است. این شاخص بر اساس دو متغیر ورودی شکل گرفته است و برای محاسبه مقادیر پایه متغیرهای زبانی، از میانگین کل داده‌ها استفاده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که سرمایه اجتماعی دارای نوسانات متعددی طی دوره مورد نظر است.

اخباری و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای برای محاسبه حجم اقتصاد زیرزمینی به روش منطق فازی از سه متغیر ورودی استفاده کرده‌اند. پایگاه قواعد بر اساس نظرات خبرگان اقتصادی تشکیل شده و از میانگین و دامنه داده‌ها برای فازی‌سازی متغیرها استفاده شده است. توابع عضویت مثلثی نیز تعریف شده‌اند. سیستم استدلال به کار رفته در این مطالعه، از نوع ممدانی است. روش غیر فازی سازی هم روش مرکز مجموع سطوح است.

صادقی و همکاران (ب) (۱۳۸۹) با روش منطق فازی اقدام به برآورد شاخص رفاه ایران در دوره ۱۳۵۳-۱۳۸۵ کرده‌اند. در این تحقیق از توابع عضویت گوسی (نرمال) برای بیان متغیرهای زبانی استفاده شده است. به دلیل اینکه دو متغیر برای ساخت شاخص رفاه به کار رفته، ۲۵ قاعده تصمیم‌گیری فازی تعریف شده است. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB سیستم فازی تعریف شده را شبیه‌سازی کرده و شاخص رفاه را برآورد کرده‌اند.

سعدوندی و همکاران (۱۳۹۲) شاخص ترکیبی استهلاک را برای ۲۱ کشور در حال توسعه محاسبه کرده‌اند. روش مورد استفاده، منطق فازی و داده‌های به کار برده شده میانگین داده‌های موجود برای سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹ است. داده‌های ۱۰ متغیر با نرم‌افزار MATLAB نرمال و به متغیرهای زبانی تبدیل شده‌اند. ابتدا با

ترکیب متغیرهای مرتبط با هم چهار شاخص استهلاك برای سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی و منابع طبیعی برآورد شده‌اند و در نهایت با ترکیب این شاخص‌ها، شاخص استهلاك کل تخمین زده شده است. در این تحقیق از توابع عضویت گوسی استفاده شده است و قواعد فازی بر اساس سیستم مددانی شکل گرفته‌اند.

انصاری و همکاران (۱۳۹۴) شاخص ترکیبی برای اقتصاد اسلامی با استفاده از منطق فازی را برآورد کرده‌اند. در این تحقیق از ۱۰ متغیر برای تعیین شاخص اقتصاد اسلامی طی دوره ۱۳۷۴ الی ۱۳۹۱ استفاده شده است. در این تحقیق نیز از توابع عضویت گوسی استفاده شده است و قواعد فازی بر اساس سیستم مددانی شکل گرفته‌اند. مقادیر برآورد شده شاخص به این روش، نشان از فراز و فرودهای مختلف در دوره ۱۸ ساله مورد بررسی دارد و برآیند تغییرات مثبت نیست.

همچنین در مطالعات خارجی، تاکنون سه مطالعه در حیطه شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار و بیکاری انجام شده است:

چانگ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای به بررسی شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار در ایالات متحده آمریکا پرداختند. در این مقاله که با روش ترکیب خطی پویا و بر اساس مدل جواک (۱۹۹۷) و سارجنت و سیمز (۱۹۷۷) صورت گرفته است، متغیرهایی همچون بیکاری و اشتغال، کار هفتگی، دستمزدها، پست بالاتر، استخدام، اخراج، ترک کار و نظرسنجی از درک مصرف‌کنندگان استفاده شده است. نتایج مدل نشان می‌دهد که این مدل بیش‌ترین سیگنال را از استخدام بخش خصوصی و نرخ بیکاری می‌گیرد. سایر شاخص‌های تأثیرگذار عبارت‌اند از نرخ بیکاری بیمه، درک مصرف‌کنندگان از دسترسی به شغل.

آرمسترانگ و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان توسعه شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار در نیوزلند، به بررسی وضعیت نیروی کار در این کشور پرداختند. در این مقاله که با روش استاک واتسون (۲۰۰۲) صورت گرفته است به صورت خطی ۱۷ متغیر بازار کار را ترکیب کرده و به شاخصی به‌عنوان LUCI دست پیدا کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد شاخص به‌دست‌آمده با چرخه‌های

تجاری نیوزیلند مطابقت کامل دارد. همچنین نشان می‌دهیم که اگر شاخص با استفاده از مجموعه متفاوتی از متغیرهای بازار کار تخمین زده شود، یا اگر در طول دوره‌های مختلف نمونه تخمین زده شود، تغییر زیادی در مقدار شاخص رخ نمی‌دهد.

گرت و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای اقدام به شاخص سازی بازار نیروی کار در استرالیا کردند. نویسندگان این مقاله با استفاده از تحلیل ۱۶ متغیر از اجزای اصلی بازار نیروی کار استرالیا، اقدام به شاخص سازی کرده‌اند. مدل مورد استفاده تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصل (PCI) این روش مربوط به استاک واتسون (۲۰۰۲) است که این مدل تعداد زیاد متغیرها را به کمترین تعداد ممکن متغیر مهم و اثرگذار تقلیل می‌دهد. در این مدل متغیرها به صورت خطی باهم ترکیب می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد شاخص مذکور با چرخه تجاری در استرالیا سازگار است و همچنین مقدار زیادی سستی در بازار کار استرالیا در زمان بحران مالی جهانی وجود دارد و به تازگی به شرایط متوسط بازگشته است. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد همبستگی بین رشد ستمزد و شاخص مذکور بازار کار قوی‌تر از همبستگی با نرخ بیکاری است.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در مطالعات داخلی هیچ‌گونه پژوهشی با موضوع شاخص ترکیبی نیروی کار در تابه‌حال انجام نشده است و این پژوهش برای اولین بار است که در ایران صورت می‌گیرد و همچنین مطالعات خارجی نیز به صورت محدود و تنها با روش خطی این شاخص ترکیبی انجام شده است و وزن‌ها و ارتباط متغیرها با همدیگر و گروهی دیدن آن‌ها در نظر گرفته نشده است درحالی‌که این پژوهش با روش فازی این ملاحظات را در نظر خواهد گرفت.

۳- روش‌شناسی رویکرد فازی

با توسعه تکنولوژی‌های پردازش اطلاعات و محاسبات هوشمند، روش‌های جدیدی برای تحلیل سیستم‌های مبهم و چند وجهی ابداع شده است. سیستم‌های منطقی فازی یکی از ابزارهای مدل‌سازی سیستم‌های مبهم و همراه با نااطمینانی است. این روش امکان فرمول‌بندی ریاضی، استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در

شرایط نبود اطمینان را برای مفاهیم و متغیرهای غیر دقیق و مبهم فراهم می‌کند (طاهری، ۱۳۷۸).

در شکل ساده شاخص سازی، محقق پس از آن‌که متغیرها یا معرف‌های مناسب را انتخاب کرد به ترکیب آن‌ها می‌پردازد. در عمل ترکیب، محقق می‌تواند وزن‌های نسبی هر یک از مواد و نیز روش‌های محاسبه و دامنه تغییرات آن‌ها را به طور دلخواه و ذهنی حساب کند. شکل پیچیده این کار نیز استفاده از روش‌های آماری مانند رگرسیون چند متغیره^۱ و روش تحلیل عاملی^۲ است. یکی از روش‌های نوین و کارآمد که می‌توان برای این امر به کار برد، روش منطق فازی است.

منطق فازی روشی نظام‌مند است که امکان بررسی داده‌های غیر دقیق را از طریق ادغام مهارت‌ها و قضاوت‌های انسانی در مدل فراهم می‌کند. این ابزار برای مدیریت شرایط مبهم در جایی که ریاضیات سنتی کارآمد نیست، مناسب است (سعدوندی و همکاران، ۱۳۹۲).

منطق فازی کاربرد وسیعی در محاسبه شاخص‌ها پیدا کرده 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 به کار می‌رود. در اینجا برای ترکیب داده‌ها از میزان کمینه شدت عضویت استفاده شده است. این روش سبب می‌شود که وخامت تنها یکی از شاخص‌های اقتصادی، به کاهش شاخص کل منتهی شود که با نظریه درباره نحوه ترکیب شاخص‌ها هم‌خوانی دارد.

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

$$\mu_A: x \rightarrow [0,1]$$

رابطه (۱)

^۱Multiple regression

^۲Factorial analysis

هر چه مقدار $\mu_A(x)$ به عدد یک نزدیک تر باشد درجه تعلق عنصر x به مجموعه فازی A بیشتر خواهد بود و اگر $\mu_A(x)=0$ باشد آن گاه می توان گفت عنصر x به مجموعه فازی A تعلق ندارد (Zimmermann, 1999).

تابع عضویت (MF) در واقع یک منحنی است که نشان می دهد هر نقطه از فضای ورودی چگونه به یک مقدار عضویت (شدت عضویت) بین صفر و یک نگاشته می شود. شکل این تابع ممکن است از نقطه نظر سادگی، راحت بودن و بازدهی تغییر کند تا رضایت طراح سیستم جلب شود (شعبانی نیا، ۱۳۸۸).

در مجموعه های فازی عملگرهای اجتماع، اشتراک و متمم روی درجه عضویت به صورت بیشینه سازی، کمینه سازی و تفاضل از یک نشان داده می شوند:

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

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

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_B(x) \quad \text{رابطه (۴)}$$

استدلال فازی، فرایند فرموله کردن نگاشت ورودی به یک خروجی با استفاده از منطق فازی است. فرآیند استنتاج فازی شامل عملگرهای منطق فازی و قواعد اگر-آن گاه است. برای این که بتوانیم استدلال فازی را اجرا کنیم به قواعد استنتاج فازی نیاز داریم. یک قاعده فازی^۲ (استنتاج فازی یا جمله شرطی فازی) به صورت زیر است:

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

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

مراحل طراحی یک سیستم فازی به صورت زیر است:

^۱Membership Function

^۲if-then

- الف. مشخص کردن متغیرهای ورودی و خروجی.
- 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 فازی سازی 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 هر متغیر تعریف می‌شود (y) دارد و از رابطه y^x به دست می‌آید. مجموعه این قواعد پایگاه قواعد^۱ 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^۲ می‌گویند.
- و. انتخاب یک روش برای تبدیل عملکرد فازی به مقدار قطعی یا همان مرحله فازی زدایی.

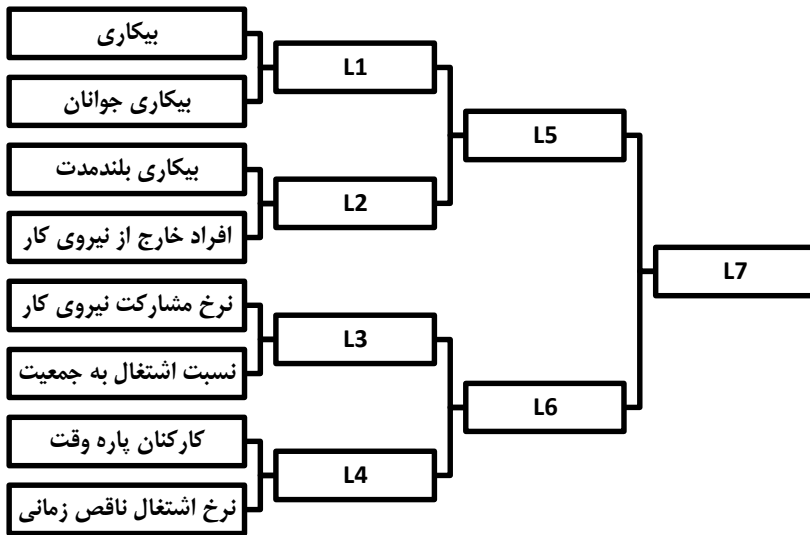
۴- تدوین الگوی فازی وضعیت نیروی کار

در این مقاله برای برآورد شاخص ترکیبی بیکاری به کمک منطق فازی ۸ متغیر توضیح‌دهنده بازار کار در قالب یک سیستم فازی ترکیب شده‌اند. برای برآورد این شاخص به روش فازی، ابتدا با انتخاب‌های دوتایی از متغیرها، شاخص‌هایی برای زیر بخش‌های بازار کار تعریف و برآورد می‌کنیم. سپس با ترکیب چندین مرحله‌ای شاخص‌های اولیه، به شاخص کل دست پیدا می‌کنیم. این نوع ترکیب شاخص‌ها در تحقیق سعدوندی و همکاران (۱۳۹۲) و انصاری و همکاران (۱۳۹۴) به کار رفته است. کلیه برآوردهای شاخص بازار نیروی کار در فاصله صفر تا یک انجام

^۱Rule Base(RB)

^۲Inference Engine

شده و عدد بزرگ‌تر نشانگر بهتر بودن وضعیت نیروی کار است. در شکل شماره (۱) متغیرهای توضیح‌دهنده نیروی کار و چگونگی ترکیب آن‌ها نمایش داده شده است. در این ترکیب متغیرها، سعی شده است که متغیرهایی که مربوط به حیطة خاصی از نیروی کار می‌شوند، با هم در یک گروه ترکیبی قرار بگیرند.



شکل ۱- استخراج شاخص ترکیبی بازار نیروی کار بر مبنای مدل ارائه‌شده در تحقیق

بیکاری^۱ و بیکاری جوانان^۲ به دلیل اینکه مستقیماً هر دو به بیکاری و وضعیت نیروی کار مربوط می‌شوند در یک گروه قرار گرفته و از ترکیب آن‌ها شاخص I1 تشکیل می‌شود. بیکاری بلندمدت^۳ و جمعیت خارج از نیروی کار^۴ از آنجاکه که هر دو به مسئله بلندمدت مربوط می‌شوند در یک گروه قرار گرفته و از ترکیب فازی آن‌ها شاخص I2 شکل می‌گیرد. نرخ مشارکت نیروی کار^۵ و نسبت اشتغال به جمعیت^۶

^۱Unemployment

^۲Youth Unemployment

^۳Long-term Unemployment

^۴force labour the outside Person

^۵Labour force participation rate

^۶Employment – to – population ratio

از آنجا که به مشارکت جمعیت بالای ۱۰ سال مربوط می‌شود در یک گروه قرار گرفته و با ترکیب آن‌ها I3 ساخته می‌شود. کارکنان پاره‌وقت^۱ و نرخ اشتغال ناقص زمانی^۲ به دلیل مسئله کار کمتر از اشتغال کامل نیروی کار، در یک گروه قرار گرفته و شاخص I4 را می‌سازند.

کلیه داده‌هایی که برای ساخت شاخص ترکیبی بیکاری استفاده شده، داده‌های موجود طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۸ است و از سایت‌های مرکز آمار ایران و وزارت کار استخراج شده است. سپس این اطلاعات نرمال و به متغیرهای زبانی ۵ حالتی تبدیل شده است. پس از آن از ترکیب این متغیرهای زبانی و فازی زدایی، شاخص‌های میانی و شاخص کل محاسبه شده‌اند.

در ادامه، مراحل مختلف استدلال فازی برای برآورد شاخص نهایی وضعیت نیروی کار توضیح داده می‌شود.

در اولین گام باید برای تمامی ۸ متغیر ورودی و نیز متغیر خروجی، عبارت‌های زبانی تعریف شود تا داده‌ها از شکل اعداد قطعی به اعداد فازی تبدیل شوند. برای این منظور برای هر یک از متغیرهای ورودی، عبارت‌های زبانی بسیار پایین (VL)، پایین (L)، نرمال (A)، بالا (H) و بسیار بالا (VH) تعریف شده‌اند. در حقیقت برای تعیین سطح کیفی متغیرهای ورودی و خروجی و تبدیل آن‌ها به متغیرهای زبانی از یک رویکرد پایه‌ای استفاده می‌شود. این رویکرد پایه‌ای سطوح کیفی متغیرها در هر سال را ارائه می‌دهد. برای روشن شدن مفهوم بالا و پایین برای هر یک از متغیرها در هر سال، ابتدا باید یک مقدار پایه را به عنوان سطح نرمال متغیر در آن سال تعیین کنیم. استفاده از میانگین داده‌ها در کل دوره مورد بررسی یکی از روش‌های ایجاد متغیر پایه است که در این مقاله از آن استفاده شده است.

با توجه به وجود داده‌های سری زمانی متغیرها برای سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۸، مقادیر پایه مربوط به هر یک از ۸ متغیر ورودی به صورت جداگانه محاسبه می‌شود. برای تبیین مفاهیم فازی بسیار پایین، پایین، نرمال، بالا و بسیار بالا برای هر متغیر، از

^۱Part-time workers

^۲Time-related under Unemployment rate

دامنه تغییرات (R) هر متغیر استفاده می‌شود. جدول (۱) چگونگی تعیین مقادیر پایه را برای متغیرهای ورودی سیستم فازی نشان می‌دهد.

جدول (۱): روش تعیین مقادیر پایه عبارت‌های زبانی متغیرهای ورودی

بسیار پایین (VL)	پایین (L)	نرمال (A)	بالا (H)	بسیار بالا (VH)
$Mean - R/2$	$Mean - R/4$	$Mean$	$Mean + R/4$	$Mean + R/2$

مأخذ: نتایج تحقیق

بنابراین برای هر یک از متغیرها، پنج مقدار عددی به دست می‌آید. این مقادیر برای تمامی متغیرها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): مقادیر پایه عبارت‌های زبانی متغیرهای ورودی

متغیر	MEAN	R	VL	L	N	H	VH
بیکاری	۱۱.۵۱	۳.۰۴	۱۰.۰۰	۱۰.۷۵	۱۱.۵۱	۱۲.۲۷	۱۳.۰۳
بیکاری جوانان	۲۵.۶۹	۶.۸۵	۲۲.۲۷	۲۳.۹۸	۲۵.۶۹	۲۷.۴۱	۲۹.۱۲
بیکاری بلندمدت	۴.۵۰	۱.۲۵	۳.۸۸	۴.۱۹	۴.۵۰	۴.۸۱	۵.۱۳
افراد خارج از نیروی کار	۶۱.۰۸	۴.۱۷	۵۹.۰۰	۶۰.۰۴	۶۱.۰۸	۶۲.۱۲	۶۳.۱۷
مشارکت نیروی کار	۳۸.۹۲	۴.۱۰	۳۶.۸۷	۳۷.۹۰	۳۸.۹۲	۳۹.۹۵	۴۰.۹۷

نسبت اشتغال جمعیت	۳۴.۴۳	۴.۰۰	۳۲.۴۳	۳۳.۴۳	۳۴.۴۳	۳۵.۴۳	۳۶.۴۳
کارکنان پاره وقت	۰.۲۴	۰.۰۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۷
اشتغال ناقص زمانی	۸.۰۹	۴.۷۰	۵.۷۵	۶.۹۲	۸.۰۹	۹.۲۷	۱۰.۴۴

مأخذ: نتایج تحقیق

در مرحله بعد، توابع عضویت مثلثی با استفاده از مقادیر میانگین (mean) و دامنه (R) داده‌ها، برای هر یک از عبارات زبانی متغیرهای ورودی تعیین می‌شود. روش محاسبه آن‌ها در جدول (۳) ارائه شده است. در این جدول، X نماد متغیر ورودی است.

جدول (۳): توابع عضویت متغیرهای ورودی

تابع عضویت	بازه
$\mu_{VL}(X) = 1$	$X \leq \text{Mean} - R/2$
$= \frac{\text{Mean} - \frac{R}{4} - X}{R/4} \mu_{VL}(X)$	$\text{Mean} - R/2 \leq X \leq \text{Mean} - R/4$
$= \frac{X - \text{Mean} + R/2}{R/4} \mu_L(X)$	$\text{Mean} - R/2 \leq X \leq \text{Mean} - R/4$
$= \frac{\text{Mean} - X}{R/4} \mu_L(X)$	$\text{Mean} - R/4 \leq X \leq \text{Mean}$
$= \frac{X - \text{Mean} + \frac{R}{4}}{R/4} \mu_N(X)$	$\text{Mean} - R/4 \leq X \leq \text{Mean}$
$= \frac{\text{Mean} + \frac{R}{4} - X}{R/4} \mu_N(X)$	$\text{Mean} \leq X \leq \text{Mean} + R/4$

$\mu_{H(X)} = \frac{X - \text{Mean}}{R/4}$	$\text{Mean} \leq X \leq \text{Mean} + R/4$
$\mu_{H(X)} = \frac{\text{Mean} + R/4 - X}{R/4}$	$\text{Mean} + R/4 \leq X \leq \text{Mean} + R/2$
$\mu_{VH(X)} = \frac{X - \text{Mean} - R/4}{R/4}$	$\text{Mean} + R/4 \leq X \leq \text{Mean} + R/2$
$\mu_{VH(X)} = 1$	$X \geq \text{Mean} + R/2$

مقدار واقعی هر متغیر برای هر یک از سال‌های دوره مورد بررسی، با مقادیر پایه‌ای به دست آمده مقایسه می‌شود و با توجه به بازه‌ای که در آن قرار می‌گیرد، میزان عضویت هر داده به هر یک از سطوح زبانی تعیین می‌شود. برای هر داده، حداکثر دو سطح متفاوت مشخص می‌شود. با توجه به این سطوح و تابع عضویت تعریف شده، مقدار عضویت مربوط به هر سطح برای هر سال محاسبه می‌شود.

برای متغیرهای خروجی، عبارت‌های زبانی بسیار کوچک (VS) کوچک (S) متوسط (A) بزرگ (B) و بسیار بزرگ (VB) تعریف شده‌اند.

مرحله بعد ساخت قواعد فازی است. قواعد تصمیم‌گیری با استفاده از ملاک‌های ساده تصمیم‌گیری «اگر-آنگاه» شکل می‌گیرند و ساخت آن‌ها با توجه به نظر خبرگان اقتصادی و تحقیقات انجام‌شده صورت می‌گیرد و تا حدودی اختیاری است. با توجه به اینکه برای هر یک از متغیرهای ورودی پنج متغیر زبانی تعریف شد، اگر ترکیب دو متغیر را بخواهیم انجام دهیم، تعداد کل قواعد فازی برابر با $5^2 = 25$ خواهد بود.

با توجه به ترکیب‌های صورت گرفته برای شاخص‌های میانی و شاخص نهایی بازار نیروی کار، قواعد فازی باید برای هر یک به صورت جداگانه تعریف شود. قواعد به کار رفته در این تحقیق بر مبنای روش ممدانی طراحی شده و در جدول شماره (۴) آمده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، ترکیب

شاخص‌های وضعیت بازار کار خوب و بد به وضعیت بد منتهی می‌شود. به عبارت دیگر همواره ضعیف‌ترین وضعیت در ترکیب دو شاخص تعیین‌کننده خواهد بود:

جدول (۴) - قواعد زمانی پنج-حالتی بر اساس روش ممدانی

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

منبع: کپکرت ممدانی (۱۹۷۸)

آخرین مرحله مربوط به استخراج سری زمانی شاخص‌های I1 الی I6 و غیر فازی کردن این شاخص‌ها می‌باشد که نتایج آن در جدول (۵) آمده است:

جدول (۵): نتایج محاسبه شاخص‌های واسطه در طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۸

سال	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7
۱۳۸۴	۷۶.۶۰	۹۲.۲۷	۱۰۰.۰۰	۵۰.۰۰	۳۰.۵۶	۳۲.۸۰	۷۹.۰۴
۱۳۸۵	۸۲.۶۰	۶۳.۹۶	۸۶.۳۰	۵۰.۰۰	۳۰.۰۳	۴۰.۹۱	۷۹.۷۰
۱۳۸۶	۹۹.۰۳	۸۰.۶۷	۷۸.۴۵	۷۵.۰۰	۶.۲۵	۳۱.۱۸	۱۰۰.۰۰
۱۳۸۷	۸۷.۸۴	۵۴.۰۹	۳۷.۷۸	۴۶.۹۹	۴۲.۴۰	۶۴.۷۷	۶۵.۹۴
۱۳۸۸	۶۰.۵۵	۵۱.۳۱	۴۸.۸۲	۵۶.۶۷	۴۹.۷۷	۵۴.۵۱	۵۸.۰۳
۱۳۸۹	۵.۶۴	۲۵.۰۰	۳۳.۵۸	۶۰.۳۳	۱۰۰.۰۰	۶۹.۸۸	۳۱.۴۲
۱۳۹۰	۳۷.۹۶	۲۵.۹۹	۰.۵۹	۸۱.۴۲	۸۶.۰۳	۷۵.۰۰	۳۱.۱۸
۱۳۹۱	۳۲.۸۲	۲۶.۲۳	۱۲.۲۹	۸۱.۳۹	۸۵.۶۹	۶۵.۹۰	۴۰.۷۶
۱۳۹۲	۸۴.۰۳	۴۲.۷۷	۳۰.۷۶	۷۶.۶۱	۳۸.۹۱	۵۴.۶۵	۷۰.۱۰
۱۳۹۳	۸۱.۸۷	۴۲.۷۷	۲۰.۰۷	۶۴.۷۲	۵۰.۰۰	۶۶.۲۸	۶۴.۵۲
۱۳۹۴	۶۳.۹۹	۵۶.۲۵	۳۷.۷۸	۶۰.۵۳	۴۳.۶۵	۶۵.۲۱	۶۴.۵۲
۱۳۹۵	۱۹.۲۹	۶۱.۲۶	۶۰.۳۳	۵۵.۵۰	۶۴.۹۵	۵۲.۹۶	۵۵.۱۷
۱۳۹۶	۳۲.۱۰	۲۸.۰۱	۸۲.۴۴	۲۵.۸۷	۸۳.۱۵	۴۱.۴۱	۴۸.۱۵
۱۳۹۷	۳۲.۸۰	۲۸.۰۱	۸۷.۱۴	۱۹.۸۳	۸۳.۱۵	۳۴.۹۵	۴۹.۸۶
۱۳۹۸	۷۹.۶۰	۸۸.۹۰	۹۶.۴۷	۳۲.۱۲	۲۵.۰۰	۳۳.۸۶	۸۴.۴۷

مأخذ: نتایج تحقیق

شاخص ترکیبی نهایی فازی بیکاری I7 از ترکیب دو شاخص واسطه I5 و I6 به دست می‌آید که مقادیر آن در جدول (۶) و روند تغییرات این شاخص در شکل (۲) نشان داده شده است.

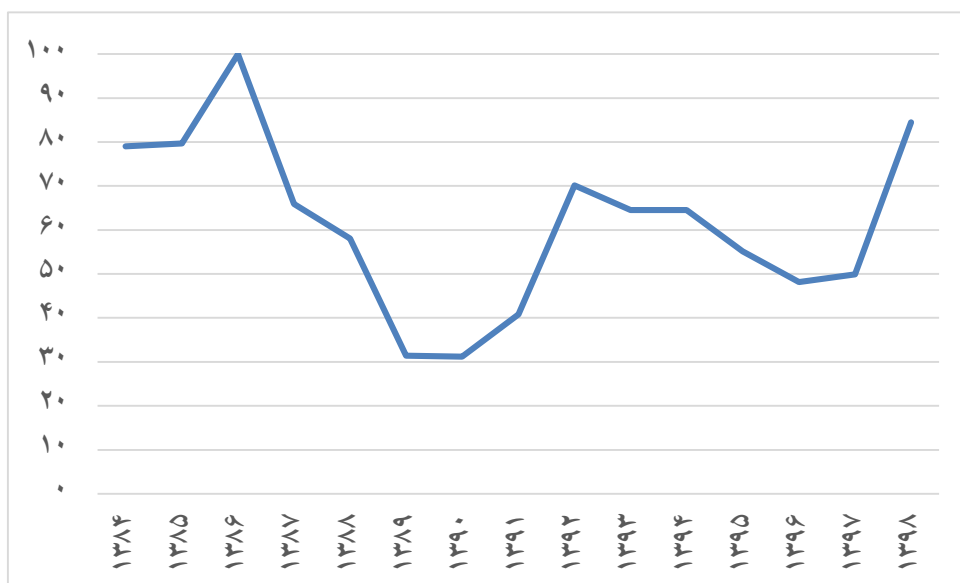
جدول (۶): شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار به روش منطق فازی

سال	شاخص ترکیبی بیکاری
۱۳۸۴	۷۹.۰۴
۱۳۸۵	۷۹.۷۰
۱۳۸۶	۱۰۰.۰۰
۱۳۸۷	۶۵.۹۴
۱۳۸۸	۵۸.۰۳
۱۳۸۹	۳۱.۴۲
۱۳۹۰	۳۱.۱۸
۱۳۹۱	۴۰.۷۶
۱۳۹۲	۷۰.۱۰
۱۳۹۳	۶۴.۵۲
۱۳۹۴	۶۴.۵۲

معرفی و محاسبه شاخص ترکیبی بیکاری در ایران با استفاده از منطق فازی ۷۴۹

۱۳۹۵	۵۵.۱۷
۱۳۹۶	۴۸.۱۵
۱۳۹۷	۴۹.۸۶
۱۳۹۸	۸۴.۴۷

مأخذ: نتایج تحقیق



شکل ۲: روند تغییرات شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار در دوره ۱۳۸۴-۱۳۹۸ (روش منطق فازی)

مأخذ: نتایج تحقیق

۵- جمع بندی

به دلیل اهمیت بسیار بالای بازار نیروی کار و تک‌بعدی انگاشتن و وضعیت نیروی کار در ایران، لازم و ضروری بوده است که به شاخصی دست‌یافت که همه‌ی ابعادی که وضعیت نیروی کار را توضیح دهد، در بر داشته باشد. لذا این مقاله برای اولین بار به تعیین شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار در ایران پرداخته است و روش مورد استفاده برای تعیین این شاخص، روش منطق‌فازی بوده است. نتایج شاخص ترکیبی وضعیت نیروی کار به منطق‌فازی نشان می‌دهد که از سال ۸۴ تا ۹۸ در ایران وضعیت نیروی کار با نوسان زیادی مواجه بوده است. به‌طوری‌که از سال ۸۶ الی ۹۰ وضعیت بیکاری روند نزولی داشته است. از طرفی از سال ۹۰ الی ۹۲ روند شاخص ترکیبی بیکاری صعودی می‌شود. همچنین مجدداً از سال ۹۳ تا ۹۶ روند شاخص ترکیبی نزولی شده و مجدداً صعودی می‌شود.

منابع و مآخذ

- احمدی، اکبر (۱۳۸۱). برآوردی از اقتصاد سیاه در ایران با استفاده از منطق فازی. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران. ۱۰: ۱۴۶-۱۲۵.
- اخباری، محمد و همکاران (۱۳۸۹). کاربرد رویکرد منطق فازی در مدل‌سازی تجارت غیرقانونی (قاچاق) در ایران. فصلنامه اقتصاد مقداری. ۲۷: ۱۴۹-۱۱۷.
- انصاری، الهه و همکاران (۱۳۹۴). شاخص سازی برای اقتصاد اسلامی و ارزیابی اقتصاد ایران بر اساس این شاخص با رویکرد فازی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- سعادت، رحمان (۱۳۸۷). برآورد سرمایه اجتماعی در ایران (با استفاده از روش فازی). مجله تحقیقات اقتصادی. ۸۳: ۴۱-۵۶.
- سعدوندی، علی و همکاران (۱۳۹۲). برآورد فازی شاخص ترکیبی استهلاک برای کشورهای در حال توسعه. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران. ۱۸(۵۶): ۱۲۲-۹۵.
- شعبانی‌نیا، فریدن و سعیدنیا، سینا (مترجم) (۱۳۸۸). مقدمه‌ای بر منطق فازی با استفاده از MATLAB. تهران: انتشارات خانیان.
- شکیبایی، علیرضا و صادقی، حسین (۱۳۸۲). مدل‌سازی اقتصاد زیرزمینی با روش منطق فازی. مجله تحقیقات اقتصادی. ۶۲: ۱۹۴-۱۷۵.
- صادقی، حسین و همکاران (۱۳۸۹ الف). اندازه‌گیری فساد مالی در ایران با استفاده از منطق فازی (رویکرد اقتصادی). پژوهشنامه اقتصادی. ۳۹: ۱۷۴-۱۳۹.
- صادقی، حسین و همکاران (۱۳۸۹ ب). رویکردی نو به برآورد شاخص رفاه در ایران با استفاده از منطق فازی طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۸۵. پژوهشنامه اقتصادی. ۱۰(۳): ۱۶۶-۱۴۳.
- طاهری، سید محمود (۱۳۷۸). آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی. دانشگاه فردوسی مشهد. انتشارات جهاد دانشگاهی.
- طائی، حسن (۱۳۷۷). اشتغال و برنامه‌ریزی نیروی انسانی. تهران: موسسه کار و تأمین اجتماعی.
- مرکز آمار ایران.
- مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۳۹۵). با نمایندگان در مجلس دهم. ۳۲. بیکاری، اشتغال و بازار کار. تهران: مجلس شورای اسلامی ایران.

ILO (2013), 19th International Conference of Labour Statisticians, 2-11 October 2013, Geneva, Switzerland.

ILO (2016), Key Indicators of the Labour Market, Ninth edition Geneva, International Labour Office, 2016

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

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

Draeseke, R.& Giles, D. (2002). A fuzzy logic approach to modelling the new zeland underground economy. Mathematics and Computers in simulation, 58, ۱۱۵-۱۲۳.

Yu, T., Wang, D. & Chen, S. (2006). A fuzzy logic approach to modelling the undergroup economy in Taiwan. Physics A, 362, 471-479.