

## Estimation of Human Capital In Iran Using Fuzzy Logic

Zana Mozaffari \* 

Assistant Professor, Department of Economics,  
Faculty of Humanities and Social Sciences,  
University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

Bakhtiar Javaheri 

Assistant Professor, Department of Economics,  
Faculty of Humanities and Social Sciences,  
University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

### Abstract

Human capital is a hidden variable. In different economic studies, various proxies have been used as a proxy for human capital, including the average literacy index, the number of graduates or the average number of years of schooling. This study will review the economic literature first, and then the three pillars of human capital index including education variables, skills and health will be analyzed for the Iranian economy. In addition, by using fuzzy approach and Mamdani Fuzzy Inference System, the human capital index in the Iranian economy during the 1981-2019 period will be estimated. The results of this calculation shows that during the period under study, the human capital index has continuously grown; in 1981, the index was estimated at 0.13 and 0.59 in 2019. On this basis, it can be stated that human capital in the Iranian economy during the 1981 to 2019 period has grown significantly. This accumulation of human capital can be seized in the production processes, leading to increase in production and productivity..

**Keywords:** Human Capital, Iran, Fuzzy Logic.


**JEL Classification:** J24, I25, I15.


---

\* Corresponding Author: [Z.mozaffari@uok.ac.ir](mailto:Z.mozaffari@uok.ac.ir)

**How to Cite:** Mozaffari, Z., Javaheri, B. (2021). Estimation of Human Capital in Iran using Fuzzy Logic. *Iranian Journal of Economic Research*, 26 (89),63 -93.

## برآورد سرمایه انسانی در ایران با استفاده از منطق فازی

زانا مظفری  \* | استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

بختیار جواهری  | استادیار گروه علوم اقتصادی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

### چکیده

سرمایه انسانی متغیری پنهان در اقتصاد می‌باشد. در مطالعات مختلف اقتصادی از پراکسی‌های گوناگونی مانند؛ شاخص میانگین سواد، تعداد فارغ التحصیلان یا میانگین سال‌های تحصیل به عنوان جایگزین سرمایه انسانی استفاده شده است. در این راستا مقاله حاضر پس از مرور ادبیات اقتصادی؛ متغیرهای آموزش، مهارت و سلامت به عنوان مولفه‌های تعیین کننده شاخص سرمایه انسانی در اقتصاد ایران شناسایی نموده است. سپس با استفاده از رویکرد فازی و سیستم استنتاج ممدانی، شاخص سرمایه انسانی در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۹۸-۱۳۶۰ برآورد شده است. نتایج این محاسبه نشان داد که طی دوره زمانی مورد بررسی این شاخص رشد محسوسی داشته است به طوری که در سال ۱۳۶۰ شاخص سرمایه انسانی ۰/۱۳ در سال ۱۳۹۸ به ۰/۵۹ برآورد شده است. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که سرمایه انسانی در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۶۰ الی ۱۳۹۸ روند رو به رشدی را تجربه نموده است. این انباشت سرمایه انسانی می‌تواند به صورت صحیح در تولید به کار گرفته شود و موجبات رشد تولید و افزایش بهره‌وری را فراهم نماید.

کلیدواژه‌ها: سرمایه انسانی، ایران، منطق فازی.

طبقه‌بندی JEL: J24, I25, I15

## ۱- مقدمه

سرمایه انسانی نوعی از سرمایه در اقتصاد است که به صورت مهارت، دانش، خلاقیت و سلامت فرد تجلی می‌یابد (Beckerman, 1992). سرمایه و انواع آن یکی از عوامل رشد و توسعه اقتصادی است. سرمایه انسانی ثروت مولد مجسم در کار، مهارت و دانش است. سرمایه انسانی مجموعه‌ای از دانش، خلاقیت، نوآوری است که افراد آن را جهت سرمایه‌گذاری در کار خود انتخاب می‌کنند (Weatherly, 2003). تفاوت اصلی سرمایه انسانی با سرمایه فیزیکی این است که نیروی کار و افراد فعال در اقتصاد به دانش، مهارت‌ها و سلامتشان گره خورده‌اند و نمی‌توان این مولفه‌ها را از سرمایه انسانی جدا کرد در حالی که سرمایه فیزیکی چنین ویژگی را دارد و در فرآیند تولید می‌توان تغییراتی در این نوع سرمایه ایجاد کرد؛ بنابراین، بهبود وضعیت سرمایه انسانی از جمله موضوعات مهم در فرآیند رشد و توسعه به‌شمار می‌رود (Bassi & McMurrer, 2008)؛ بدین مفهوم که پایدارترین سرمایه، سرمایه انسانی است.

توانایی و مهارت افراد می‌تواند عملکرد مطلوب‌تر را در پی داشته باشد. بنابراین، سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و هزینه‌های آموزش و مهارت‌آموزی یکی از انواع سرمایه‌گذاری در اقتصاد محسوب می‌شود که اقتصاد در طول روند رشد و توسعه اقتصادی می‌تواند از منافع آن بهره‌مند شود (MiciuŃ a, 2016). بهبود وضعیت سرمایه انسانی در یک جامعه می‌تواند در فرآیند تولید به بازدهی و بهره‌وری بیشتری منجر شده و بهره‌وری سرمایه‌های فیزیکی را افزایش دهد (Lim, et al., 2018).

ارتباط سرمایه انسانی و رشد اقتصادی در سالیان اخیر مورد توجه تحقیقات و پژوهشگران مختلف بوده است. چنانچه از بررسی مطالعات مختلف می‌توان استنباط کرد که عوامل مختلفی در شکل‌گیری و گسترش سرمایه انسانی موثر هستند (Barro, 2001). در یک اقتصاد مبتنی بر دانش، نیروی کار دانش‌آموخته و متخصص بخش بیشتری از نقش نهاده‌ها را در فرآیند تولید و رشد اقتصادی را برعهده دارد، چراکه سرمایه انسانی از یک سو می‌تواند به بهبود کیفیت کالا و خدمات کمک کرده و از سوی دیگر، نقش برنامه‌ریز و تسهیل‌کننده خود را در برنامه‌های توسعه و تولید داشته باشد (سلاطین و غفاری‌صومعه، ۱۳۹۵).

بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۱۸، کودکی که امروز در ایران متولد می‌شود در صورتی که بزرگ شود و از آموزش و سلامت کامل برخوردار باشد به ۵۹ درصد سطح

بهره‌وری بالقوه خود خواهد رسید (به عبارت دیگر، نمره شاخص سرمایه انسانی ایران ۰/۵۹ است). براساس ارزیابی‌های این بانک، این میزان کمتر از مقدار بالقوه‌ای است که براساس سطح درآمد کشور محاسبه می‌شود (که نتیجه آن شاخص سرمایه انسانی بیش از ۰/۶۰ واحدی است). با این حال مقدار شاخص سرمایه انسانی ایران بالاتر از میانگین منطقه‌ای و همچنین گروه درآمدی که در آن قرار دارد (بالاتر از درآمد متوسط) است.

پرسش‌های بنیادی و مهمی در رابطه با سرمایه انسانی و نحوه محاسبه میزان آن وجود دارد. بانک جهانی از سال ۲۰۱۸ براساس مولفه‌های سلامت و آموزش، شاخص کلی را برای سرمایه انسانی کشورها برآورد کرده و منتشر می‌کند، اما برای سال‌های قبل از سال ۲۰۱۸ شاخص جامع و کاملی به صورت سری زمانی در دسترس نیست. مطابق با ادبیات اقتصادی و تحقیقات پیشین، آموزش، بهداشت، مهارت و سایر سرمایه‌گذاری‌هایی که بهره‌وری را افزایش می‌دهند از جمله مولفه‌های ویژه در تشکیل سرمایه انسانی است (صالحی و جمالی، ۱۳۹۳). در واقع مولفه‌های اصلی تشکیل سرمایه انسانی شامل آموزش، مهارت و بهداشت است که هر یک با افزایش کیفیت نیروی کار موجب انباشت سرمایه انسانی می‌شوند (امینی و حجازی‌آزاد، ۱۳۸۶). از آنجا که سرمایه انسانی در ایران یک متغیر غیرقابل مشاهده است و متغیرهای آموزش، مهارت و بهداشت تاثیر عمده روی این شاخص پنهان دارند. از این رو، با استفاده از این متغیرهای و با بهره‌گیری از منطق فازی<sup>۱</sup>، سرمایه انسانی برآورد می‌شود. در این مطالعه سعی شده است که با توجه به ادبیات اقتصادی و بهره‌گیری از روش منطق فازی، شاخصی کارآمد برای سرمایه انسانی طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۶۰ در اقتصاد ایران محاسبه و برآورد شود.

سازمان‌دهی مقاله بدین صورت است که در بخش دوم مقاله، ادبیات پیشین بیان شده و بخش سوم دربرگیرنده مدل و روش پژوهش است. در بخش چهارم یافته‌های پژوهش ارائه شده است. بخش پنجم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی اختصاص یافته و توصیه‌های سیاستی ارائه می‌شود.

## ۲. مبانی نظری

سرمایه انسانی، کلیدی برای رشد اقتصادی جوامع محسوب می‌شود و یک سرمایه مهم و ضروری است که در جهت رشد و توسعه اقتصادی کمک می‌کند و از این نظر می‌توان آن را با سرمایه‌ها و دارایی‌های فیزیکی مقایسه کرد. شولتز<sup>۱</sup> (۱۹۶۲) و بکر<sup>۲</sup> (۱۹۶۴) از جمله نظریه‌پردازانی هستند که نشان دادند شکل‌گیری سرمایه انسانی علاوه بر کانال اثرگذاری آموزش از طریق انباشت و ذخیره دانش می‌تواند از سوی مولفه‌های دیگر همچون؛ خلاقیت، مهارت و سلامت نیز به وجود آمده و گسترش یابد.

در اغلب موارد، حجم سرمایه انسانی طی سال‌های مختلف افزایش می‌یابد؛ زیرا در حالت عادی وضعیت آموزشی و بهداشتی هر نسل بهتر از نسل قبلی است (Kwon, 2009). انتظار بر این است که تشکیل سرمایه انسانی در یک کشور با گذشت زمان بیشتر شود. این همان رشد تراکمی و انباشت سرمایه انسانی است (Higon & Sena, 2006). در کشورهایی که نرخ رشد جمعیت از سرعت بالایی برخوردار است و با مازاد نیروی کار مواجه هستند، موضوع سرمایه انسانی اهمیت ویژه‌ای دارد (Oxley et al., 2008). نیروی کار مازادی که در چنین کشورهایی وجود دارد، می‌تواند به آسانی با هزینه‌های پایین تبدیل به نیروی کار متخصص و با مهارت شده و منجر به بهبود وضعیت سرمایه انسانی شود. همچنین در فرآیند تولید کالا و خدمات، سرمایه انسانی پتانسیل این را دارد که عملکرد انعطاف‌پذیر داشته باشد (Mubarik et al., 2018).

در یک فرآیند برنامه‌ریزی شده می‌توان وضعیت نیروی کار مازاد در کشورها را از نظر مهارت، دانش، تخصص و سلامت بهبود بخشیده و به سرمایه انسانی قابل اتکا تبدیل کرد. در ادبیات اقتصادی از این فرآیند تبدیل نیروی کار به سرمایه انسانی به عنوان «تشکیل سرمایه انسانی» نام برده می‌شود (Tchanturia et al., 2015).

رشد سرمایه فیزیکی و مالی به علت شوک‌های چرخه کسب و کار همیشه خطی نیست. در دوره رونق اقتصادی، سرمایه فیزیکی با نرخ به نسبت بالاتری رشد می‌یابد در حالی که طی دوره رکود اقتصادی، کاهش سرعت سرمایه فیزیکی وجود دارد. این در حالی است که سرمایه انسانی به‌طور یکسانی در دوره‌های رکود و رونق همواره در حال طی کردن مسیر

1- Schultz, T. W.

2- Becker, G. S.

صعودی است؛ زیرا بنیان سرمایه انسانی توسط ورودی‌های آموزشی، مهارتی و سلامت بنا شده است. بنابراین، سرمایه انسانی یک شاخص ترکیبی است که تحت تاثیر مولفه‌های مختلفی قرار می‌گیرد که از جمله مهم‌ترین مولفه‌های دخیل در تشکیل سرمایه انسانی می‌توان به آموزش، سلامت، تجربه و مهارت اشاره کرد (Han et al, 2008). بنابراین، در ادامه با توجه به ادبیات اقتصادی، مهم‌ترین مولفه‌های تشکیل سرمایه انسانی توضیح داده شده است.

## ۲-۱. آموزش

طی سالیان اخیر سرمایه‌گذاری روی نیروی انسانی از جمله موضوعات مورد بحث در تحقیقات و مورد توجه اقتصاددانان بوده است. دانش و آموزش یکی از محوری‌ترین سرمایه‌گذاری‌ها در جهت بهبود کیفیت نیروی انسانی است (Abowd et al., 2003). چنانچه در نظریه‌های اجتماعی-اقتصادی به تناوب اشاره شده است؛ یکی از محورهای اصلی توسعه و پیشرفت اقتصادی یک جامعه، نظام آموزشی است. برخی معتقدند تکامل این بخش می‌تواند روی اکثریت بخش‌های اقتصادی و اجتماعی جامعه تاثیرگذار باشد. سرمایه‌گذاری موثر و بهینه در آموزش علاوه بر بهبود وضعیت این بخش می‌تواند اثرات سرریز در بخش‌ها و قسمت‌های دیگر جامعه از جمله سیستم اقتصادی داشته باشد. به کارگیری نیروی آموزش دیده و افراد متخصص و تحصیلکرده می‌تواند در سرعت بخشیدن به برنامه‌های توسعه موثر واقع شود. بخش آموزشی بهینه و کارا علاوه بر استفاده از هوش و استعداد افراد در جهت بهبود تکنولوژی و تسهیل فرآیند تولید و خدمات می‌تواند زمینه مناسبی را برای تسریع رشد و توسعه جامعه فراهم کند (Ç iutienè & Railaitè , 2015).

در مدل رشد درون‌زای لوکاس<sup>۱</sup> تفاوت سرمایه انسانی و سرمایه فیزیکی به صراحت اعمال شده است. در این مدل تفاوت بین نیروهای آموزش دیده و نیروی کار کم‌برخوردار از لحاظ آموزشی لحاظ شده است. چنانچه از این مدل می‌توان استنباط کرد که سرمایه انسانی قید بازدهی نزولی سرمایه را تغییر داده و تولید را به سمتی پیش می‌برد که رشد سرانه بلندمدت صفر نشود (Folloni & Vittadini, 2010). مدل لوکاس نشان داده که می‌توان در مورد سرمایه انسانی فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس را در فرآیند تولید در نظر گرفت؛

1- Lucas, R.

زیرا سرمایه انسانی از طریق سرمایه‌گذاری‌های آموزشی و مهارتی می‌تواند انباشت شود و در تشکیل سرمایه انسانی و افزایش این نهاد تولید نقش موثری داشته باشد. نیروی کار برای دست یافتن به یک بازدهی ثابت نسبت به مقیاس، تعداد سال‌های تحصیل و مهارت‌آموزی خود را به صورت عقلایی و بهینه تعیین می‌کند و آنگاه در بازار کار می‌تواند جذب بنگاه‌هایی شود که نیازمند این توانمندی در تولید کالا و خدمات باشند (آقایی و همکاران، ۱۳۹۲). تعداد دانش‌آموختگان دانشگاهی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تشکیل سرمایه انسانی در نظر گرفته می‌شود. فرض می‌شود که هر دانش‌آموخته دانشگاه، پس از گذراندن چند سال دوره آموزش و ورود به بازار کار بتواند تاثیری بیش از نیروی عادی داشته باشد؛ یعنی دارای ارزش افزوده و بهره‌وری بیشتری باشد (آقایی و همکاران، ۱۳۹۲).

## ۲-۲. تخصص و مهارت

تخصص و مهارت از جمله آیتم‌های موثر در تشکیل سرمایه انسانی هستند. امروزه در بسیاری از کشورهای جهان توجه ویژه‌ای به آموزش‌های فنی و حرفه‌ای شده است؛ به طوری که بسیاری از کشورها، این نوع آموزش‌ها را در تحصیلات مقدماتی و آکادمیک خود جای داده‌اند و این امر منجر به ایجاد رشته‌های درسی مختلف نیز شده است. آموزش‌های فنی و حرفه‌ای یکی از فرآیندهای موثر در تبلور مهارت و تخصص نیروی کار است. معمولاً در کشورهای توسعه یافته آموزش‌های مهارتی در راستای نیازهای جامعه برای تربیت نیروی کار ماهر در زمینه‌های مختلف انجام می‌شود (Barro, 1998).

آموزش فنی و حرفه‌ای با هدف مرتبط کردن آموزش با بازار کار شکل گرفته و گسترش می‌یابند. همچنین این مهارت‌آموزی‌ها می‌تواند در جهت بهبود وضعیت اشتغال و کاهش میزان بیکاری به کار بسته شود. یکی از اهداف شکل‌گیری مراکز فنی و حرفه‌ای تامین نیازهای نیروی انسانی بخش‌های مختلف اقتصادی کشور است. مرتبط ساختن بیشتر آموزش و مهارت‌آموزی با نیازهای بازار کار و صنعت یک اقتصاد امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. چنانچه از شواهد آماری برمی‌آید نبود ارتباط بین مباحث دانشگاهی و بازار کار باعث بروز پدیده بیکاری و عدم تخصیص بهینه نیروی کار در بازار شده است. آموزش‌های فنی و حرفه‌ای نقش ویژه‌ای در افزایش مهارت و کسب تخصص در زمینه‌های مختلف ایفا می‌کند و اگر سرمایه‌گذاری‌های دولت در این بخش به درستی انجام شده و برنامه‌ریزی درست و مدون برای دوره‌های مختلف پی‌ریزی شود، آنگاه می‌توان اظهار کرد که آموزش‌های فنی

و حرفه‌ای در فرآیند تشکیل سرمایه انسانی و افزایش کیفیت نیروی کار موثر واقع می‌شود (مقصودی، ۱۳۹۳).

در کشورهای در حال توسعه، آموزش‌های فنی و حرفه‌ای دو هدف را دنبال می‌کند؛ اول آنکه برای بخش‌های مختلف اقتصادی نیروی کار با کیفیت و ماهر تربیت کند و دوم اینکه با توجه به وضعیت اشتغال ناقص در اقتصاد کشورهای در حال توسعه، آموزش‌های مهارتی مانند فنی و حرفه‌ای منجر به تربیت نیروی انسانی برای کارآفرینی، خود اشتغالی و رفع بیکاری در جامعه می‌شوند. علاوه بر این، اگر آموزش‌های فنی و حرفه‌ای با آموزش‌های نظری<sup>۱</sup> نیز همراه باشد، می‌تواند نیروی کار را در فرآیندهای تغییر تکنولوژی و به‌روزرسانی دانش تولید، ماهر کند. بنابراین، آموزش‌های نظری در قالب رشته‌های آکادمیک در کنار این آموزش‌های فنی و حرفه‌ای از جمله آیت‌های موثر در سازگاری و انعطاف نیروی کار را در تغییرات فناوری تولید هستند (Qingbin & Guoqing, 2005).

## ۲-۳. سلامت

سلامت، مهارت و دانش از جمله مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده سرمایه انسانی در اقتصاد هستند. بهداشت و درمان در اقتصاد پدیده‌ای است که می‌تواند زندگی نیروی کار را کیفیت بخشیده، امید به زندگی را ارتقا دهد و نتیجه آن سلامتی برای جامعه است که می‌تواند منشا ثروت باشد. بررسی مطالعات و پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده وجود ارتباط معنی‌داری بین سلامت نیروی کار و رشد اقتصادی است (سرلک، ۱۳۹۴). در واقع سلامت و بهداشت می‌تواند بازدهی و بهره‌وری نیروی کار را در فرآیند تولید بهبود بخشیده و منجر به کارایی تولید بالاتری شود (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین روند مخارج بهداشتی برنامه‌های توسعه نشان می‌دهد که نقش بخش بهداشت و درمان در دوره‌های مختلف، متفاوت بوده است (جنانی، ۱۳۸۴).

بهداشت و درمان یکی از مولفه‌های موثر در فرآیند سرمایه‌گذاری روی نیروی کار است. گروسمن<sup>۲</sup> در مدلی نشان داد که بیماری و عدم سلامت نیروی کار می‌تواند منجر به

---

۱- ایجاد رشته‌های کارو دانش، هنرستان‌های هنری و فنی در ایران و همراه کردن آموزش‌های نظری و عملی در کشورهایی مانند: کوبا، چین و هند از جمله اثرات آموزش‌های فنی حرفه‌ای بر آموزش‌های کلاسیک در این کشورها است.

2- Grossman, M.



ناکارآمدی نیروی انسانی شده و هدر رفت سایر منابع را در تولید نیز به همراه داشته باشد (مهرآرا و فضائلی، ۱۳۸۸). نظریه پردازان اقتصاد سلامت معتقدند که بهداشت و درمان همراه با سایر مولفه‌های موثر در شکل‌گیری سرمایه انسانی می‌تواند درآمد و سطح تولید را ارتقا دهد. همچنین سلامت می‌تواند یادگیری و آموزش نیروی کار را تسری بخشیده و مسیر هموارتری را برای بهره‌وری بیشتر آموزش‌های حین کار فراهم کند (لطفعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). سلامت و مخارج بهداشتی می‌تواند سرمایه‌گذاری‌های آموزشی یک کشور را تحت تاثیر قرار داده و منجر به افزایش توان یادگیری افراد شود (Hartwig, 2010). سلامت می‌تواند عاملی موثر در جهت افزایش پس‌انداز و سرمایه‌گذاری‌های خرد جامعه باشد. علاوه بر این، افزایش سطح سلامت و بهداشت جامعه می‌تواند عرضه نیروی کار را افزایش داده و اثرات مضاعف در فرآیند تولید داشته باشد (Howitt, 2005).

### ۳. پیشینه پژوهش

در زمینه موضوع تحقیق مطالعه‌ای منسجم تاکنون انجام نپذیرفته است و تعداد اندکی مطالعه نزدیک به موضوع وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود.

لیم و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای از متغیرهای آموزش، بهداشت، مهارت و یادگیری برای محاسبه سرمایه انسانی بهره بردند. آن‌ها در این پژوهش با استفاده از مدل داگوم<sup>۲</sup> و متغیر پنهان در کشور فنلاند به این نتیجه رسیدند که در طول سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۹۰ سرمایه انسانی به صورت میانگین رشد ۲ درصدی را تجربه کرده است.

بارو و لی<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) با استفاده از داده‌های پانل ۱۴۶ کشور دنیا طی دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۵۰ در مقاطع ۵ ساله و به تفکیک جنسیت به برآورد متوسط سال‌های تحصیل برای جمعیت ۱۵ سال به بالا پرداختند.

قربانی (۱۳۹۹) در مطالعه خود برای محاسبه شاخص سرمایه انسانی در ایران از دو زیرشاخص ظرفیت تحصیلی و بهره‌مندی از نیروی کار استفاده کرده است. داده‌ها از نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ برای ۳۱ استان اخذ شده و روش محاسبه، نمره استاندارد و میانگین وزنی شاخص‌ها است. یافته‌ها نشان‌دهنده آن است که شاخص سرمایه انسانی در ایران ۵۱/۱

1- Lim, S., et al.

2- Dagum Model

3- Barro, R., & Lee, J.

درصد است. بالاترین میزان شاخص به استان تهران با ۵۷ درصد و کمترین آن به استان سیستان و بلوچستان با ۴۳/۴ تعلق دارد. استان تهران با ۷۰/۹ درصد ظرفیت تحصیلی و ۴۳/۲ درصد بهره‌مندی از نیروی کار، رتبه اول سرمایه انسانی در کشور را دارد. استان سیستان و بلوچستان با ۵۰/۷ درصد، کمترین میزان ظرفیت تحصیلی و استان لرستان با ۳۲/۲ درصد، کمترین میزان بهره‌مندی از نیروی کار را دارند.

مبارک و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی ابتدا شاخص ترکیبی سرمایه انسانی را از طریق متوسط سال‌های تحصیل و مخارج بهداشتی محاسبه کرده و سپس با استفاده از روش پانل آستانه‌ای طی دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۵ به بررسی تاثیر کیفیت نهادی و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه پرداختند. نتایج حاصل از برآورد مدل با رد فرضیه خطی بودن، یک مدل دو رژیم با حدهای آستانه‌ای ۰/۱۶۲۷ و ۰/۶۲۵ را برای شاخص متغیرهای نهادی در کشورهای تحت بررسی پیشنهاد می‌کند. نتایج مطالعه حاکی از تاثیرگذاری مثبت شاخص حاکمیت قانون بر رشد اقتصادی، البته با شدت بیشتر در رژیم دوم است. نتایج همچنین نشان می‌دهد در هر دو رژیم، متغیرهای شاخص‌های کیفیت نهادی، آزادی اقتصادی، سرمایه انسانی و سایر متغیرهای کنترلی تاثیر مثبت بر رشد اقتصادی دارند. شدت تاثیرگذاری متغیرها با تغییر رژیم در هر دو گروه کشورهای مورد مطالعه با بهبود کیفیت نهادی بیشتر می‌شود.

دژپسند و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای ارزش موجودی سرمایه انسانی را در ایران طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۴ برآورد کردند. یافته‌های ایشان نشان می‌دهد ارزش موجودی سرمایه انسانی در ایران به قیمت‌های جاری در سال ۱۳۹۳ حدود ۲۴۴۳۷۰ تریلیون ریال و یا به صورت سرانه ۳۱/۷ میلیارد ریال بوده که ارقام مشابه در سال ۱۳۸۴ به ترتیب ۶۳۷۶۹ تریلیون ریال و ۹/۷ میلیارد ریال بوده است.

موسوی و حقیقت (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای تحت عنوان «برآورد سری زمانی سرمایه انسانی بر مبنای متوسط سال‌های تحصیل (مطالعه موردی ایران، سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۹۲)» با جمع‌آوری داده‌های آماری مربوط به وضعیت تحصیلی جمعیت شش سال به بالا، شاخص متوسط سال‌های تحصیل را برای سه گروه از جمعیت به تفکیک جنسیت محاسبه کردند. نتایج حاکی از آن است متوسط سال‌های تحصیل در هر سه گروه، رشد قابل توجهی داشته

و نتایج این محاسبه و برآورد به صورت سری زمانی در سه گروه متفاوت در پایان پژوهش ارائه شده است.

سعدوندی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی شاخص ترکیبی استهلاک سرمایه را برای ۲۱ کشور در حال توسعه در چارچوب منطق فازی محاسبه کردند. برای این منظور، نخست چهار شاخص استهلاک برای سرمایه‌های انسانی، اجتماعی، فیزیکی و منابع طبیعی از طریق ترکیب ۱۰ متغیر مرتبط به دست آورده و سپس با ادغام این چهار شاخص، برآوردی از شاخص استهلاک کل ارائه کردند. نتایج این پژوهش 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 نیست. در این تحقیق با استفاده از منطق فازی، یک میزان حداقل برای استهلاک محاسبه شده که نشانگر وضعیت بحرانی استهلاک در ایران است.

جوانمرد و محمدیان (۱۳۸۸) در مقاله‌ای عوامل و شاخص‌های مهم در سنجش سرمایه انسانی، میزان تاثیر هر عامل و شاخص بر سنجش سرمایه انسانی و در نهایت دسته‌بندی عوامل و شاخص‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند. ابتدا با استفاده از تحلیل عاملی، عامل‌های موثر در سنجش سرمایه انسانی مشخص کرده، سپس با استفاده از معادلات ساختاری - با در نظر گرفتن عوامل تعیین شده و ۲۰ پراکسی - میزان اثر عوامل و شاخص‌ها بر سنجش سرمایه انسانی محاسبه کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های موثر بر سنجش سرمایه انسانی به ترتیب اهمیت و میزان تاثیر عبارتند از: قابلیت رهبری و دانش مدیران، شایستگی کارکنان، توانمندی کارکنان و دانش شغلی کارکنان.

سعادت و یآوری (۱۳۸۴) در مقاله‌ای تحت عنوان «برآورد سطح و توزیع سرمایه انسانی خانوارهای ایرانی» با استفاده از روش داگوم به برآورد سطح سرمایه انسانی خانوارها در ایران پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که متوسط سرمایه انسانی برای خانوارهای ایرانی در نرخ تنزیل ۱۳ درصد برابر ۲۵/۰۲۹ میلیون ریال و در نرخ تنزیل ۱۵ درصد برابر ۲۲/۴۱۷ میلیون ریال است. نتایج مقاله همچنین نشان داد که بالاترین سطح سرمایه انسانی متعلق به افراد ۳۷ تا ۴۱ ساله است.

۴. روش<sup>۱</sup>

محاسبه شاخص سرمایه انسانی به طور مشخص از ۲۰۱۸ شروع شده است. بنابراین، برای سال‌های قبل از ۲۰۱۸ داده قابل استنادی وجود ندارد. نوآوری مقاله حاضر در محاسبه و برآورد سرمایه انسانی کشور ایران به صورت سری زمانی از سال ۱۳۶۰ است. شاخص محاسبه شده در این مقاله می‌تواند در مطالعات مختلف (مانند مطالعات رشد اقتصادی و بهره‌وری نیروی کار) که از متغیر سرمایه انسانی استفاده می‌کنند، کاربرد داشته باشد و داده‌های آن مورد استفاده قرار گیرد. در سطح داخلی در چند مطالعه با استفاده از محاسبه میزان متوسط سال‌های تحصیل و تعمیم آن به سرمایه انسانی، اقداماتی جهت شاخص‌سازی انجام شده است، اما این شاخص نمی‌تواند پراکسی کاملی برای سرمایه انسانی باشد؛ زیرا همان‌طور که در ادبیات اقتصادی آمده است و در قسمت‌های قبل تشریح شد عواملی همچون تحصیلات، مهارت و بهداشت تعیین‌کننده و تشکیل‌دهنده سرمایه انسانی هستند. بنابراین، با توجه به مبانی نظری و شواهد تجربی؛ ۱- استفاده از منطق فازی برای برآورد شاخص سرمایه انسانی و ۲- در نظر گرفتن همزمان بهداشت، تحصیلات و مهارت برای محاسبه شاخص سرمایه انسانی از جمله جنبه‌های نوآوری مطالعه حاضر است.

به دلیل محدودیت‌های آماری با وجود توجه در ادبیات نظری، برآوردها و استفاده از پراکسی‌های مختلف سرمایه انسانی با مشکلات زیادی مواجهه بوده است. از این رو، محاسبه سرمایه انسانی با توجه به همه ابعاد و زوایای آن، ممکن است نتایج متفاوتی داشته باشد (ازوجی و همکاران، ۱۳۹۸). همان‌طور که در ادبیات اقتصادی آمده است؛ متغیر سرمایه انسانی یک متغیر پنهان بوده و تحت تاثیر عوامل مختلف است و موارد ذکر شده در قسمت مبانی نظری از مهم‌ترین عوامل موثر بر شکل‌گیری و متغیرهای اصلی همراه‌کننده متغیر سرمایه انسانی هستند. بر این اساس، برای استخراج شاخص‌های تعیین‌کننده سرمایه انسانی از مطالعه مبانی نظری و مرور مطالعات در زمینه موضوع استفاده شد.

با توجه به اینکه سرمایه انسانی یک مفهوم کیفی است برای اینکه به یک مفهوم کمی تبدیل شود، می‌توان با استفاده از منطق فازی یک شاخص برای سرمایه انسانی ساخت که تحت تاثیر متغیرهای موثر بر آن باشد. پس از مرور ادبیات موضوع در قسمت‌های قبلی می‌توان استنباط کرد که متغیرهای آموزش، سلامت و مهارت از جمله مهم‌ترین پراکسی

های همراه کننده سرمایه انسانی هستند. توجه داشته باشید که جنبه تجربه و سایر جنبه‌های سرمایه انسانی به دلیل موجود نبودن آمار و اطلاعات در اقتصاد ایران برای محاسبه در نظر گرفته نشده است.

پراکسی‌های مختلفی برای شاخص سرمایه انسانی و استخراج داده‌ها وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

\* متوسط سال‌های تحصیل و بازده آموزش (شاخص آموزش): در این تحقیق برای پراکسی آموزش سرمایه انسانی از متوسط سال‌های تحصیل و بازده آموزش<sup>۱</sup> استفاده شده است. آمار متوسط سال‌های تحصیل از جدول جهانی پن<sup>۲</sup> که توسط مرکز اطلاعات بین المللی دانشگاه کالیفرنیا (آمریکا) به صورت سالانه منتشر می‌شود، استفاده شده است (شاهین پور و کارابولوت<sup>۳</sup>، ۱۳۹۹). این متغیر برحسب تعداد سال‌های تحصیل اندازه‌گیری شده است.

\* سرانه مخارج بهداشتی (شاخص سلامت): این متغیر از تقسیم میزان مخارج بهداشت و درمان خانوار بر جمعیت کشور محاسبه شده است (Howitt, 2005). این متغیر بر حسب دلار اندازه‌گیری شده است.

\* تعداد گواهی‌نامه‌های مهارت‌آموزی صادرشده توسط سازمان فنی و حرفه‌ای تقسیم بر جمعیت فعال کشور (شاخص مهارت و تخصص): کیفیت آموزش مهارتی و متناسب با نیاز بازار کار بودن اهمیت دارد. متاسفانه داده‌ای قابل استناد برای لحاظ کردن این مهم در تحقیق منتشر نمی‌شود؛ از این رو، برای پراکسی مهارت تنها به سرانه تعداد گواهی‌نامه‌های مهارت‌آموزی بسنده شده است. این متغیر برحسب تعداد بر نفر اندازه‌گیری شده است.

بعد از مشخص شدن متغیرهای تعیین کننده سرمایه انسانی با استفاده از روش منطقی فازی که در ادامه توضیح داده می‌شود، سیستم استنتاج فازی<sup>۴</sup> برای محاسبه این شاخص به صورت نمودار (۱) است.

---

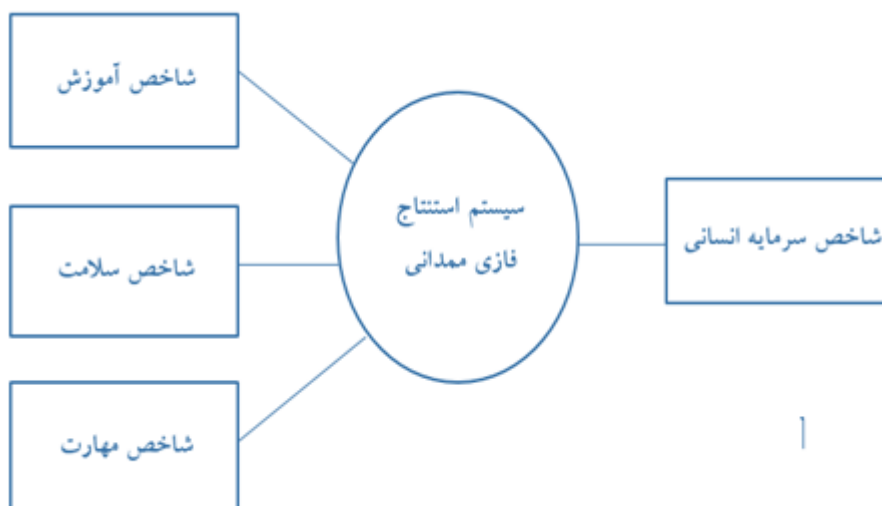
1- <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>

2- Penn World Table (PWT)

3- Karabulut, K.

4- Fuzzy Inference Systems

نمودار ۱. سیستم استنتاج فازی برای شاخص سرمایه انسانی



ماخذ: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، متغیرهای مؤثر بر سرمایه انسانی که بر اساس پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع تعیین شده و شامل آموزش، تخصص و مهارت و بهداشت است که با استفاده از سیستم استنتاج فازی ممدانی<sup>۱</sup> شاخص سرمایه انسانی را محاسبه می‌کنند.

#### ۴. روش منطق فازی

در این تحقیق یک شاخص برای سرمایه انسانی سال‌های مختلف با استفاده از منطق فازی برآورد می‌شود. روش منطق فازی در هر زمینه‌ای که در اندازه‌گیری متغیر مورد بررسی ابهام وجود داشته باشد و یا دسترسی به اطلاعات آن متغیر امکان‌پذیر نباشد، کاربرد دارد. رویکرد نظریه فازی با در نظر گرفتن ابهام و عدم اطمینان، به جای حذف و نادیده گرفتن آن با ترویج منطق چند ارزشی به جای منطق دو ارزشی، امکان بررسی دقیق‌تر مسائل را فراهم می‌کند. در منطق کلاسیک، اطلاعات یا کاملاً درست یا کاملاً غلط هستند و کنترل اطلاعات ناقص و غیردقیق امکان‌پذیر نیست؛ در حالی که همین اطلاعات حاوی داده‌هایی هستند که به ما این توانایی را می‌دهند که پاسخ مناسب‌تری برای مسائل داشته باشیم. در منطق کلاسیک

1- Mamdani Fuzzy Inference Systems

اگر یک عنصر به مجموعه‌ای تعلق نداشته باشد با عدد صفر نشان داده می‌شود و اگر به آن مجموعه تعلق داشته باشد با عدد یک نشان داده می‌شود، اما در منطق فازی تعلق به مجموعه مزبور در بازه بسته ۰ و ۱ قرار می‌گیرد، بنابراین، می‌توان گفت که منطق فازی همان بسط منطق کلاسیک است (Zadeh, 1992).

کایو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) بر این باورند که هسته روش منطق فازی مبتنی بر سه مفهوم پایه است:

\* مجموعه فازی: برخلاف مجموعه‌های کلاسیک، یک مجموعه فازی، محدوده‌های نرم و قابل انعطافی دارد؛ به طوری که عناصر مجموعه فازی می‌توانند تا حدی در داخل مجموعه باشند. توابع عضویت به منظور انتقال تدریجی از مناطقی که به طور کامل خارج از مجموعه قرار دارند به مناطقی که به طور کامل درون آن مجموعه قرار دارند به کار برده می‌شوند.

\* متغیرهای زبانی: متغیرهایی هستند که از لحاظ کمی و کیفی به وسیله یک مجموعه فازی توصیف می‌شوند. یک مجموعه فازی می‌تواند مانند مجموعه‌های متداول، مقدار یک متغیر را توصیف کند.

\* قواعد فازی «اگر-آنگاه»: این قواعد، یک فرمول منطقی یا یک برنامه‌ریزی کاربردی است که دلالت بر یک مفهوم منطق دو ارزشی دارد. ویژگی اصلی کاربرد قواعد فازی «اگر-آنگاه»، توانایی آن‌ها برای انجام استنباط تحت شرایط تطبیق جزئی است که در آن یک درجه‌ای برای داده‌های ورودی مطابق با شرایط هر قاعده محاسبه می‌شود. این درجه سازگاری با نتیجه قاعده ترکیب می‌شود تا یک نتیجه‌گیری از استنتاج توسط قاعده فازی ساخته شود.

منطق فازی یکی از شاخه‌های نظریه فازی است که برای اجرای آن روش‌های متفاوتی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به سیستم استنتاج فازی<sup>۲</sup> به عنوان یک روش مشهور اشاره کرد. سیستم‌های استنتاج فازی با عناوینی همچون سیستم‌های فازی مبتنی بر قاعده، سیستم‌های خبره فازی<sup>۳</sup>، مدل‌های فازی<sup>۴</sup>، حافظه‌های شرکت‌پذیر فازی<sup>۵</sup> و کنترل‌کننده‌های

1- Qiao, Y., et al.

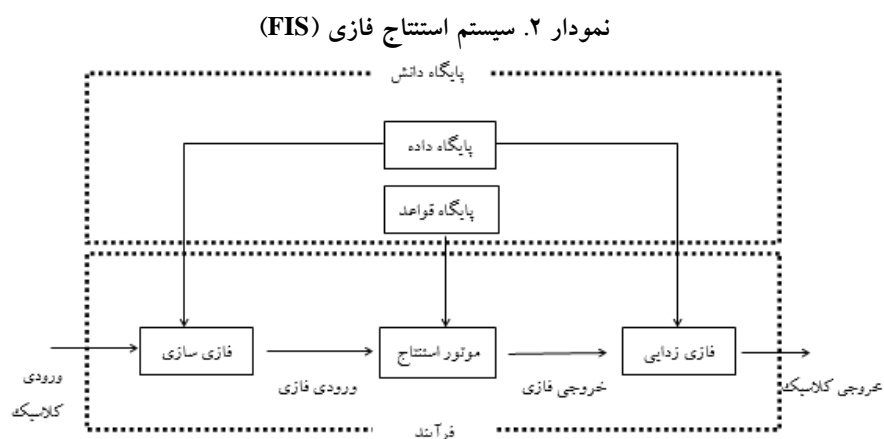
2- Fuzzy Inference System

3- Fuzzy Expert Systems

4- Fuzzy Models

5- Fuzzy Associative Memories

فازی نیز شناخته می‌شوند (Jang et al., 1997). نمودار (۲) فرآیند یک سیستم استنتاج فازی را نشان می‌دهد.



ماخذ: Shapiro, 2004

همان طور که در نمودار (۲) مشاهده می‌شود یک سیستم استنتاج فازی دارای دو بخش است: پایگاه دانش و مرحله فرآیند. پایگاه دانش تابع عضویت‌ها بوده و قواعد را برای مرحله فرآیند فراهم می‌کند. در مرحله فرآیند، متغیرهای ورودی سیستم که به صورت اعداد کلاسیک هستند از یک مرحله فازی‌سازی عبور می‌کنند و به متغیرهای زبانی به عنوان ورودی فازی برای موتور استنتاج تبدیل می‌شوند. ورودی فازی با استفاده از قواعد در موتور استنتاج به خروجی فازی تبدیل می‌شود. این نتایج به صورت زبانی هستند و برای اینکه خروجی سیستم به صورت اعداد کلاسیک باشد باید مرحله نافازی‌سازی<sup>۱</sup> نیز انجام شود (Shapiro, 2004). انواع مختلفی از استنتاج‌های فازی وجود دارد که از معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به سیستم استدلال سوگنو<sup>۲</sup> (۱۹۸۵) و سیستم استدلال ممدانی (۱۹۷۷) اشاره کرد. در این مطالعه از سیستم استدلال ممدانی استفاده شده است. سیستم استنتاج ممدانی را ممدانی و آسیلیان<sup>۳</sup> در سال ۱۹۷۵ پیشنهاد دادند. این سیستم‌ها به دلیل داشتن طبیعت بصری و تفسیری از قوانین می‌توانند به طور گسترده‌ای در سیستم‌های پشتیبانی تصمیم استفاده

1- Defuzzy

2- Sugeno Inference System

3 Mamdani, E. & Assilian, S.



شوند. همچنین دارای قدرت بیانی بالایی هستند. سیستم استنتاج ممدانی از مجموعه‌های فازی به عنوان نتیجه قانون استفاده می‌کند و خروجی هر قانون به صورت غیرخطی و فازی است. همچنین از لحاظ روش دفازی‌سازی با بقیه سیستم‌های استنتاج متفاوت است (Qiao et al., 2009).

منطق فازی به منظور انجام استدلال تقریبی از الگوریتمی خاص استفاده می‌کند. در الگوریتم مزبور فرض می‌شود که  $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  یک بردار از ویژگی‌هایی است که هر پدیده یا حالت را توضیح می‌دهد و  $y = [y_1, y_2, \dots, y_m]$  یک بردار از خروجی‌های سیستم است. در چنین شرایطی می‌توان قواعد را به صورت رابطه (۱) تعریف کرد.

$$\begin{aligned} R^f: & \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^f \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^f \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n^f, \\ & \text{THEN } y_1 \text{ is } B_1^f, y_2 \text{ is } B_2^f, \dots, y_n \text{ is } B_n^f \end{aligned} \quad (1)$$

جایی که  $x \in X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n, y \in Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n$  بوده  $A^f = A_1^f \times A_2^f \times \dots \times A_n^f \subseteq X, B^f = B_1^f \times B_2^f \times \dots \times B_m^f \subseteq Y$  نشان‌دهنده مجموعه فازی است (Stojić, 2012).

اهمیت بالای منطق فازی در امکان استفاده از آن برای مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده است که در آن، تعیین همبستگی موجود بین متغیرهای مدل بسیار سخت است. متغیرهای ورودی در یک سیستم فازی متغیرهای زبانی نامیده می‌شوند و همه خروجی‌ها در یک وضعیت پیوسته هستند. برای تمامی نتایج ممکن، مجموع متغیرهای خروجی یک سطح دقیق تعلق تعیین می‌شود. اگر  $U$  مجموعه‌ای از عناصری که با  $x$  نشان داده می‌شوند باشد، آنگاه مجموعه فازی  $\tilde{A}$  در  $U$  به صورت زوج مرتب ارائه شده در رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in U\} \quad (2)$$

در رابطه (۲)،  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  تابع عضویت یا تابع ویژگی  $\tilde{A}$  نامیده می‌شود که میزان درجه تعلق یا عضویت  $x$  را به مجموعه فازی  $\tilde{A}$  نشان می‌دهد. به عبارت دیگر،  $\mu_{\tilde{A}}: U \rightarrow M$  به این مفهوم است که تابع عضویت  $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ، مجموعه  $U$  را به فضای تابع عضویت  $M$  مرتبط

می‌کند. فضای تابع عضویت  $M$  بازه بسته صفر و یک است. هر چه مقدار  $\mu_{\bar{A}}(x)$  به یک نزدیک‌تر باشد، درجه تعلق عنصر  $x$  به مجموعه فازی  $\bar{A}$  بیشتر است و برابر صفر بودن  $\mu_{\bar{A}}(x)$  به مفهوم آن است که عنصر  $x$  به مجموعه فازی  $\bar{A}$  تعلق ندارد (Stojić, 2012). بعد از تعیین توابع عضویت و ایجاد پایگاه قواعد در مرحله بعد باید خروجی‌های مدل نافازی شوند. نافازی کردن فرآیندی است که نتایج منطق فازی را (که از مجموعه‌های فازی و درجه عضویت‌های مختلف حاصل شده است) به حالت کمی تبدیل می‌کند. بهترین روش برای نافازی کردن، روش مرکز ثقل<sup>۱</sup> است. این روش، مرکز ثقل ناحیه زیر تابع عضویت را محاسبه می‌کند. خروجی نافازی شده  $x^*$  که از روش COG حاصل می‌شود از طریق رابطه (۳) به دست می‌آید (Van Leekwijck & Kerres, 1999):

$$X^* = \frac{\sum_{i=X_{\min}}^{X_{\max}} x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=X_{\min}}^{X_{\max}} \mu(x_i)} \quad (3)$$

سیستم‌های مبتنی بر منطق فازی با بهره‌مندی از روش‌های نوین محاسبات ریاضی در تلاش است تا حدی از ابهام موجود در فرآیند اندازه‌گیری متغیرهای موردنظر را کاهش دهد.

## ۵. یافته‌ها

ابتدا برای هر یک از متغیرهای ورودی و خروجی عبارات زبانی کم ( $L$ )، متوسط ( $N$ ) و زیاد ( $H$ ) در نظر گرفته شده است. برای ایجاد یک مقدار پایه از میانگین متحرک برای هر متغیر ورودی استفاده می‌کنیم. برای اینکه چرخه‌های احتمالی در داده‌ها به حساب آورده شود از داده‌ها، میانگین متحرک ۵ ساله گرفته شده است. مقدار میانگین، مقدار نرمال از اجزای مجموعه متغیرها را نشان می‌دهد. سپس برای تعیین نقاط شکست داده‌ها یک یا دو انحراف معیار حول و حوش مقدار نرمال در هر دوره حاصل می‌شود.

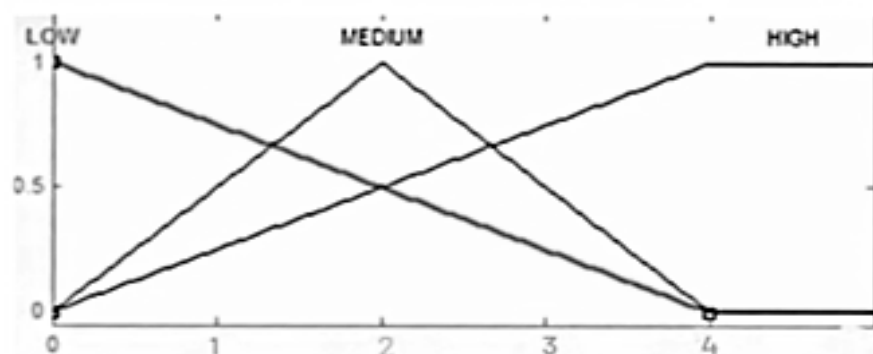
جدول ۱. توابع عضویت

کم	متوسط	زیاد
LOW	MEDIUM	HIGH
-SD	Mean	+SD

ماخذ: یافته‌های پژوهش

بعد از تعیین نقاط شکست داده‌ها، بسته به نظر طراح سیستم، می‌توان توابع مختلفی از نظر شکل و یا درجه پیچیدگی برای هر متغیر انتخاب کرد. با توجه به اینکه توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای از سادگی و دقت بالایی برخوردار هستند<sup>۱</sup> (Stojić, 2012). در این مطالعه، از این دو نوع تابع عضویت استفاده می‌شود. بعد از انجام مراحل بیان شده، توابع عضویت متغیر خروجی؛ یعنی شاخص سرمایه انسانی و متغیرهای ورودی؛ یعنی آموزش، مهارت و بهداشت محاسبه و به ترتیب در نمودارهای (۳)، (۴)، (۵) و (۶) نشان داده شده است.

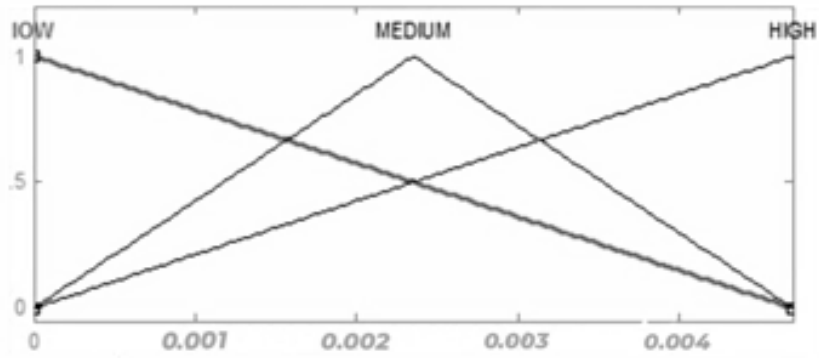
نمودار ۳. تابع عضویت متغیر آموزش



ماخذ: یافته‌های پژوهش

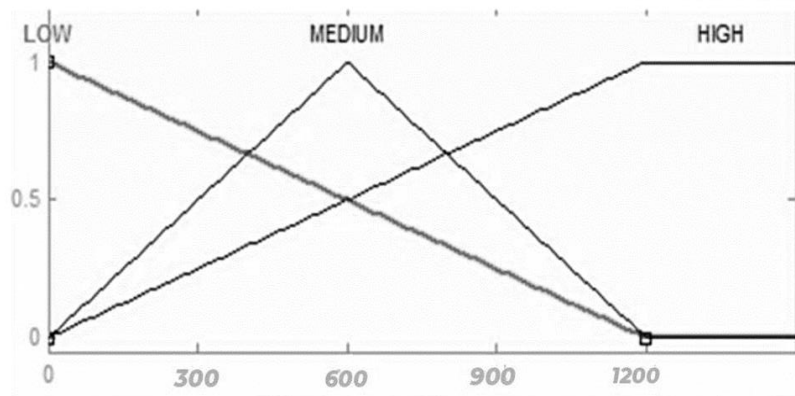
۱- خروجی سیستم‌های فازی به شدت نسبت به شکل توابع عضویت و تعداد حالت‌های متغیرهای زبانی حساس هستند. بنابراین، حالات مختلف (از متغیرهای زبانی ۵ یا ۷ یا ۹ حالت) توابع عضویت مورد استفاده قرار گرفت و نتایج برآورد با نتایج محاسبه شده سایر مطالعات و به خصوص برآورد بانک جهانی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای نتایج سازگارتری را ارائه می‌دهند. به دلیل طولانی شدن مقاله و محدودیت صفحات مقاله از ارائه سایر برآوردها خودداری شده است. از این رو، تنها نتایج محاسبه حالت ۳ زبانی در مقاله گزارش شد.

شکل ۴. تابع عضویت متغیر مهارت



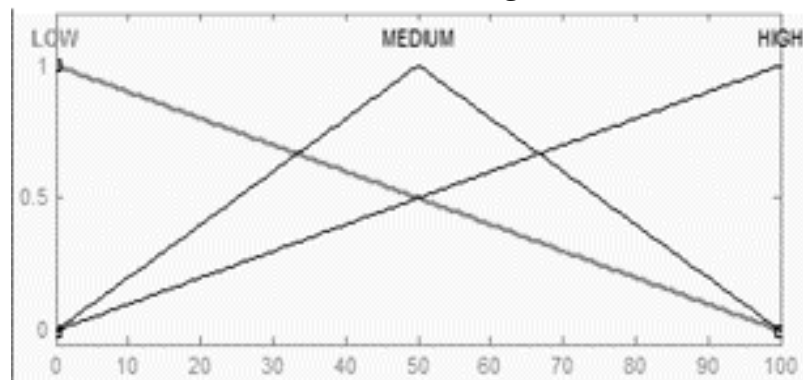
ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۵. تابع عضویت متغیر سلامت



ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۶. تابع عضویت شاخص سرمایه انسانی

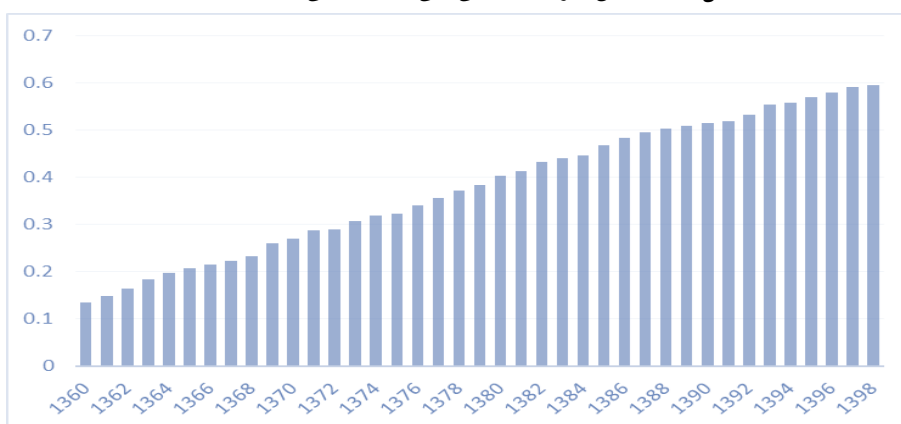


ماخذ: یافته‌های پژوهش

قواعد تصمیم‌گیری ترکیب سطوح ویژه، همراهی بین سه متغیر همراه‌کننده سرمایه انسانی را تعیین می‌کند تا سطوح همراهی برای شاخص سرمایه انسانی ایجاد شود. در واقع، درجه همراهی، درجه کمی شدن شاخص سرمایه انسانی است. این قواعد ذهنی و برگرفته از مطالعات پیشین، دانش و برداشت منطقی کارشناسان و خبرگان از تاثیر این متغیرها بر سرمایه انسانی است. بر این اساس، مطابق با ادبیات تحقیق و نظر خبرگان در زمینه سرمایه انسانی درجه اهمیت شاخص آموزش بیشتر از سلامت و مهارت است. به عبارت دیگر، به ترتیب آموزش، سلامت و مهارت بیشترین ضریب اثرگذاری را در محاسبه و برآورد سرمایه انسانی دارند.

بعد از تعیین قواعد فازی باید نوع تابع مورد استفاده برای فازی‌زدایی (تبدیل ارزش‌های زبانی به اعداد قطعی) مشخص شود که در این تحقیق از تابع مرکز سطح برای فازی‌زدایی متغیر خروجی استفاده شده است. بعد از انجام مراحل فوق، سیستم استنتاج فازی برای شاخص سرمایه انسانی با استفاده از نرم‌افزار متلب<sup>۱</sup> شبیه‌سازی شده است. این شاخص با استفاده از متغیرهای ورودی و سیستم استنتاج فوق، خروجی برای هر سال می‌سازد. این شاخص عددی بین صفر و یک است و وضعیت سرمایه انسانی هر سال ایران را نشان می‌دهد. با توجه به آنچه در روش‌شناسی و ادبیات وجود دارد و ورودی‌ها و قواعد فازی بیان شد می‌توان نتایج حاصل از برآورد شاخص سرمایه انسانی را در نمودار (۷) مشاهده کرد.

شکل ۷. شاخص سرمایه انسانی طی دوره زمانی ۱۳۶۰-۱۳۹۸



ماخذ: یافته‌های پژوهش

همانطور که نمودار (۷) نشان می‌دهد شاخص سرمایه انسانی طی سال‌های مورد بررسی تحقیق افزایش چشم‌گیری را تجربه کرده است و این مهم را می‌توان ناشی از گسترش آموزش عالی، دوره‌های کاربردی مهارت‌آموزی و بهبود وضعیت سلامت و بهداشت طی سال‌های اخیر دانست. با توجه به اینکه بانک جهانی از سال ۲۰۱۸ براساس مولفه‌های مختلف سرمایه انسانی را در کشورهای مختلف محاسبه کرده است، نتایج مطالعه حاضر در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با محاسبه این شاخص در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ هم‌راستا و نزدیک بوده که می‌توان از قابل اطمینان بودن نتایج محاسبه سرمایه انسانی در مقاله حاضر دانست. خصوصیت فوق‌العاده سرمایه انسانی برای رشد انبوه در یک دوره زمانی ایجاب می‌کند که آموزش، بهداشت و مهارت موجب انباشت این سرمایه شوند. رشد سرمایه فیزیکی به علت سیکل‌های تجاری و کسب و کار همیشه پایدار نیست، اما سرمایه انسانی با توجه به مولفه‌های همراه‌کننده‌ای (آموزش، مهارت و بهداشت) که دارد، پتانسیل رشد مداوم را دارا است.

از آنجا که وضعیت نظام آموزشی و بهداشت و درمان در سال‌های مورد بررسی تحقیق روند رو به رشدی را تجربه کرده است، می‌توان اظهار داشت که نتیجه حاضر با توجه به ورودی‌های استنتاج فازی منطقی به نظر می‌رسد. بنابراین، همان‌طور که سری زمانی شاخص برآوردی سرمایه انسانی نشان می‌دهد در ایران طی سال‌های مورد بررسی تحقیق انباشت سرمایه انسانی دارای یک آهنگ رشد پایدار بوده و این مهم توسط رشد میزان سرانه آموزش، بهداشت و مهارت تبیین شده است. نسل فعلی توسط ورودی‌های موثر آموزش و سلامت به‌طور کیفی توسعه یافته است. علاوه بر این، ارتقای وضعیت نظام آموزش و سلامت می‌تواند روی رشد اقتصادی نیز اثرگذار باشد و اثرات مضاعفی را در اقتصاد ایجاد کند. همچنین با بررسی روند زمانی شاخص سرمایه انسانی می‌توان پیش‌بینی کرد که میزان تشکیل سرمایه انسانی در سال‌های آینده رشد بیشتری را تجربه کند.

پس از طی کردن تمام مراحل و برآورد شاخص موردنظر در مرحله آخر برای اینکه شاخص محاسبه شده به مقدار واقعی متغیر تبدیل شود باید کالیبره‌سازی انجام گیرد که برای این امر نیاز است که مقدار رسمی (ارائه شده توسط نهادهای رسمی مانند بانک مرکزی، مرکز آمار و یا بانک جهانی و...) برای یک سال وجود داشته باشد تا براساس آن سایر سال‌ها محاسبه و تخمین زده شود.

همانطور که پیشتر هم بیان شد محاسبه شاخص سرمایه انسانی توسط بانک جهانی از سال ۲۰۱۸ به بعد صورت می‌پذیرد، اما این آمار نشان‌دهنده شاخص سرمایه انسانی بوده (بدون واحد است) و میزان واقعی آن را نشان نمی‌دهد؛ بنابراین، این شاخص همانند محاسبات مطالعه حاضر تنها شاخص را ارائه کرده است. از این رو، نمی‌توان از این مقادیر ارائه شده توسط بانک جهانی برای کالیبره کردن استفاده کرد، اما نتایج برآورد حاضر برای استفاده در کارهای پژوهشاتی و سری زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، زیرا آنچه در برآوردهای اقتصادسنجی و رگرسیونی اهمیت دارد، روند متغیر است که در شاخص برآوردی ارائه شده در این مقاله به خوبی روند متغیر سرمایه انسانی توسط شاخص محاسبه شده، نشان داده شده است.

## ۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

سرمایه انسانی، تنها نهاده‌ای است که می‌تواند ضمن تغییر خود، سایر نهاده‌های تولید را دگرگون یا متعادل کند، مبنایی برای نوآوری فراهم کند و در سطح وسیع موجب رشد اقتصادی شود. امروزه مطالعات اقتصاددانان توسعه نشان می‌دهد که سیاست‌های دولت‌ها از جمله سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی بر رشد و بهره‌وری اقتصادی موثر است. آنچه برای مدت‌های زیادی به صورت یک معما برای اقتصاددانان درآمده است چگونگی اندازه‌گیری دقیق سرمایه انسانی است. تاکنون روش کارآمد و مناسبی برای محاسبه سرمایه انسانی وجود نداشته است که بتواند مهم‌ترین جنبه‌های تشکیل این سرمایه را نشان دهد. در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از روش منطق‌فازی، شاخص کارآمدی برای سرمایه انسانی در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۶۰ محاسبه شود. در این راستا با استفاده از بررسی مطالعات پیشین و مبانی نظری موضوع، ۳ متغیر آموزش، مهارت و بهداشت به عنوان مهم‌ترین متغیرهای موثر بر شکل‌گیری سرمایه انسانی شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش منطق‌فازی و استنتاج ممدانی، سری زمانی شاخص سرمایه انسانی در ایران برآورد شد. نتایج برآورد نشان داد که طی دوره مورد بررسی، سرمایه انسانی رشد مناسبی را تجربه کرده است که می‌تواند برای افزایش رشد و توسعه اقتصادی یک آیت‌م تاثیرگذار باشد. با توجه به افزایش سرمایه انسانی ایران طی دوره مورد بررسی و مطالب بیان شده در بخش ادبیات تحقیق این مطالعه می‌توان اظهار داشت که حجم سرمایه انسانی در نسل فعلی بیشتر از حجم سرمایه انسانی در نسل قبلی است، چراکه به طور معمول، وضعیت آموزشی،

بهداشتی هر نسل بهتر از نسل قبلی است. بنابراین، می‌توان گفت سرمایه انسانی و ظرفیت تولیدی هر نسل بهتر از نسل قبل از خود است و انتظار بر این است که نرخ تشکیل سرمایه انسانی در یک کشور با گذشت زمان بیشتر شود. نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده این امر است و سرمایه انسانی طی سال‌های مورد بررسی تحقیق رشد را تجربه کرده است. این همان رشد تراکمی و انباشته سرمایه انسانی است.

نتایج به دست آمده با توجه به رشد متغیرهای آموزش، مهارت و سلامت طی دوره مورد بررسی تحقیق منطقی بوده و نشان می‌دهد که کشور ایران از سال ۱۳۶۰ تا سال ۱۳۹۸ از لحاظ انباشت سرمایه انسانی مناسب عمل کرده است.

برای اعتبارسنجی و بررسی دقت اندازه‌گیری محاسبات انجام شده باید نتایج محاسبات و برآورد با نتایج سایر مطالعات و یا آمارهای رسمی مورد مقایسه قرار گیرد. جهت بررسی اعتبار اندازه‌گیری‌ها، آمار شاخص سرمایه انسانی بانک جهانی در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ با نتایج مطالعه حاضر مورد مقایسه قرار داده شده است. همچنین جهت بررسی استحکام نتایج، اندازه‌گیری‌های مطالعه حاضر با نتایج مطالعات پیشین مورد مقایسه قرار داده شده است. نتایج برآورد شاخص سرمایه انسانی با محاسبه این شاخص توسط بانک جهانی در سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ و مطالعات پیشین مانند لیم و همکاران (۲۰۱۸) و موسوی و حقیقت (۱۳۹۵) سازگار بوده و نشان‌دهنده تشکیل (تجمیع) سرمایه انسانی است.

در ادبیات اقتصادی به صورت گسترده در مورد نقش سرمایه انسانی در مدل‌های رشد مطالعات و نظریات مختلفی ارائه شده است که مبین تاثیر مثبت سرمایه انسانی بر فرآیند رشد اقتصادی هستند. می‌توان با سیاست‌گذاری‌های مناسب از این فرصت ایجاد شده برای کشور استفاده کرد تا مانند برخی از کشورهای جهان (مانند چین) فرآیند رشد و توسعه اقتصادی با سرعت بیشتری انجام شود. با توجه به اینکه متغیرهای آموزش، مهارت و بهداشت و تندرستی روی سرمایه انسانی تاثیرگذار هستند، می‌توان پیشنهاد کرد که سیاست‌گذاران اقتصادی و اجتماعی با مدنظر قرار دادن وضعیت اثرگذاری این متغیرهای بر رشد اقتصادی و بهره‌وری سرمایه‌گذاری موثر انجام دهند؛ زیرا افزایش بیش از اندازه ممکن است منابع عمومی و حتی خانوار را به سمت غیربهره‌ای سوق دهد. حال آنکه ممکن است سرمایه انسانی در خدمت رشد تولید، مهم است که باید مورد تاکید قرار بگیرد.



یکی از پدیده‌هایی که در دهه‌های گذشته افزایش بی‌سابقه‌ای یافته، پدیده مهاجرت بین‌المللی افراد متخصص یا فرار مغزهاست. این پدیده به خصوص در بین کشورهای در حال توسعه از اهمیت بیشتری برخوردار است، چراکه این کشورها در فرآیند جریان بین‌المللی سرمایه انسانی، سرمایه‌های بیشتری را از دست داده و معمولاً توسعه آن‌ها تحت تاثیر این پدیده، کند می‌شود. افراد آموزش دیده اغلب از کشورهای فقیر به کشورهای ثروتمند جهت یافتن فرصت مهاجرت می‌کنند. فقدان سرمایه انسانی موثر در کشورهای با ساختار سنی پیر میزان دستمزد را برای کسانی که مهاجرت نمی‌کنند، افزایش می‌دهد تا به این صورت بتوانند هم سرمایه انسانی خود را حفظ کنند و هم از نیروی بیکار سایر کشورها نیز جذب کنند. سرمایه انسانی ستون فقرات توسعه انسانی و توسعه اقتصادی است. اهمیت فهم موهبت سرمایه انسانی در ایجاد توسعه اقتصادی بلندمدت کشور را نمی‌توان نادیده گرفت. انتظار می‌رود سیاست‌های اقتصاد کلان به سمت استفاده از این سرمایه بالقوه پیش رفته و زمینه توسعه اقتصادی مناسبی را برای ایران به ارمغان آورد.

### تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

### ORCID

Zana Mozaffari



<http://orcid.org/0000-0002-7302-5650>

Bakhtiar Javaheri



<http://orcid.org/0000-0002-5291-5611>

### منابع

- ازوجی، علاءالدین، عصارى، عباس، واعظ مهدوی، محمدرضا و کشاورز حداد، غلامرضا. (۱۳۹۸). تاثیر مؤلفه‌های سرمایه انسانی بر بهره‌وری شاغلان حقوق بگیر خصوصی، شواهدی مبتنی بر ریزداده‌ها، *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۹(۷۲)، ۱۸۳-۱۴۱.
- اکبر موسوی، سید صالح و حقیقت، جعفر. (۱۳۹۵). برآورد سری زمانی سرمایه انسانی بر مبنای متوسط سال‌های تحصیل (مطالعه موردی ایران، سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۹۲)، *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۵(۱۷)، ۱۵۰-۱۳۱.
- امینی، علیرضا و حجازی آزاد، زهره. (۱۳۸۶)، تحلیل و ارزیابی نقش سلامت و بهداشت در ارتقاء بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۹(۳۰)، ۱۶۳-۱۳۷.

- آقایی، مجید، رضاقلی زاده، مهدیه و باقری فریده. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در استان‌های ایران. *پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی*، ۹(۱)، ۲۱-۴۴.
- جنانی، افشین. (۱۳۸۴). بررسی عملکرد هزینه‌ها و سیاست‌های بودجه‌ای دولت در بخش بهداشت و درمان، *مجله اقتصادی*، ۵(۵۲)، ۲۶-۵.
- جوانمرد، حبیب اله و محمدیان، فاطمه. (۱۳۸۸). شاخص‌های موثر در سنجش سرمایه انسانی، *پژوهش‌های مدیریت منابع انسانی*، ۲(۱)، ۸۶-۶۷.
- درگاهی، حسن و امرالله قدیری (۱۳۸۲). تجزیه و تحلیل عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی ایران (بامروری بر الگوهای رشد درون‌زا)، *پژوهشنامه بازرگانی*، ۲۶، ۳۳-۱.
- دژپسند، فرهاد، عرب مازار، عباس و سیفی، شاپور. (۱۳۹۶). برآورد ارزش موجودی سرمایه انسانی در ایران با رویکرد درآمدی (۱۳۹۳-۱۳۸۴)، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۲(۷۱)، ۱۵۶-۱۱۵.
- ریبی، مهناز، حیدری، سمیه، شریعت بهادری، مینا، کنی، صدیقه. (۱۳۹۲). تاثیر شاخص‌های سلامت بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه)، *مجله اقتصادی*، ۱۳(۸)، ۸۸-۷۳.
- رئیزی، پوران. (۱۳۷۵). نقش بهداشت و سلامت بر بهره‌وری خانواده و کشور، *پژوهش در پزشکی*، ۲۰(۲)، ۸۶-۷۴.
- سرلک، احمد. (۱۳۹۴). تاثیر شاخص‌های سلامت بر رشد اقتصادی استان‌های کشور، *مدیریت بهداشت و درمان*، ۶(۱)، ۱۷-۷.
- سعادت، رحمان و یاوری، کاظم. (۱۳۸۴). برآورد سطح و توزیع سرمایه انسانی خانوارهای ایرانی، *تحقیقات اقتصادی*، ۴۰(۴)، ۲۳۸-۲۱۱.
- سعدوندی، علی، صادقی، حسین و کشاورزی، زهرا. (۱۳۹۲). برآورد فازی شاخص ترکیبی استهلاک برای کشورهای در حال توسعه، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۸(۵۶)، ۱۲۲-۹۵.
- سلاطین، پروانه و غفاری صومعه، نیلوفر. (۱۳۹۵). تاثیر سرمایه انسانی بر کیفیت محیط زیست، *انسان و محیط زیست*، ۱۴(۲)، ۱۲-۱.
- شاهین پور، علی و کارابولوت، کرم. (۱۳۹۹). تاثیر سرمایه انسانی بر فضای کسب و کار در کشورهای اسلامی، *مدیریت کسب و کارهای بین‌المللی*، ۳(۴)، ۱۰۵-۸۷.
- صالحی، محمد جواد و جمالی. (۱۳۹۳). اندازه‌گیری سرمایه انسانی با روش هزینه‌یابی مبتنی بر فعالیت و ارزش افزوده اقتصادی، *نامه آموزش عالی*، ۷(۲۷)، ۴۸-۳۵.
- عماد زاده، مصطفی. (۱۳۷۵). *مباحثی از اقتصاد آموزش و پرورش*. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- قربانی، زهرا. (۱۳۹۹). ظرفیت تحصیلی، بهره‌مندی از نیروی کار و سرمایه انسانی در میان استان‌های کشور در سال، *مطالعات جمعیتی*، ۶(۱)، ۳۷۲-۳۴۳.

- لفطعلی پور، محمدرضا، فلاحی، محمدعلی، برجی، معصومه. (۱۳۹۰). بررسی تاثیر شاخص‌های سلامت بر رشد اقتصادی ایران، *اقتصاد کشاورزی*، ۱۴(۴۶)، ۵۷-۶۹.
- مبارک، اصغر، هژبر کیانی، کامبیز، معمارنژاد، عباس و پیکارجو، کامبیز. (۱۳۹۷). مطالعه تاثیر کیفیت نهادی و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی، *برنامه‌ریزی و بودجه*، ۲۳(۱)، ۱۱۷-۱۴۶.
- مقصودی، فرشته. (۱۳۹۳). نقش آموزش‌های فنی حرفه‌ای در اقتصاد کشور و توسعه کسب و کار، *ماهنامه کار و جامعه*، ۱۷۳، ۴۷-۴۰.
- مهرآرا، محسن و فضائلی، علی اکبر. (۱۳۸۸). رابطه هزینه‌های سلامت و رشد اقتصادی در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا (منا)، *مدیریت سلامت*، ۱۲(۳۵)، ۶۰-۴۹.
- نادری، ابولقاسم. (۱۳۸۳). *اقتصاد آموزش*. تهران: انتشارات یسپرون.
- نیلی، مسعود و نفیسی، شهاب. (۱۳۸۴). تخمین سرمایه انسانی بر مبنای متوسط سال‌های تحصیل نیروی کار برای ایران (۱۳۴۵ - ۱۳۷۹)، *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۷(۲۵)، ۲۲-۱.

## References

- Abowd, J. M., Lengermann, P., & McKinney, K. L. (2003). The measurement of human capital in the US economy. *Unpublished manuscript, Cornell University*.
- Aghaei, M., Rezagholizadeh, M., & Bagheri, F. (2013). The effect of human capital on economic growth: The case of Iran's provinces. *Quarterly Journal of Research and Planning in Higher Education*, 19(1), 21-44 [In Persian].
- Akbarmousavi, S., Haghghat, J. (2016). Estimate time series of human capital based on average years of schooling (A case study of Iran, 1978-2013). *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 5(17), 131-150 [In Persian].
- Amini, A., Hejazi Azad, Z. (2007). An Analysis and Assessment of Health Contribution to Increasing Labor Productivity: A Case Study of Iran. *Iranian Journal of Economic Research*, 9(30), 137-163 [In Persian].
- Barro, R. J. (2001). Human capital and growth. *American economic review*, 91(2), 12-17.
- Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010. *Journal of development economics*, 104, 184-198.
- Bassi, L. J., & McMurrer, D. P. (2008). Toward a human capital measurement methodology. *Advances in Developing Human Resources*, 10(6), 863-881.
- Becker, G. S. (1964). *Human capital theory*. Columbia, New York.
- Beckerman, W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World development*, 20(4), 481-496.

- Čiutienė, R., & Railaitė, R. (2015). A development of human capital in the context of an aging population. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 753-757.
- Dargahi, H & Ghadiri, A. (2003). Articles: 1. Analysis of factors determining Iran's economic growth (with a review of endogenous growth patterns). *Journal of Business*, 26 (7), 1-34 [In Persian].
- Dejpasand, F., Arabmazar, A., Seifi, S. (2017). Estimating the value of the human capital stock in Iran: Income-Based approach. *Iranian Journal of Economic Research*, 22(71), 115-156 [In Persian].
- Emadzadeh, M. (1996), *Discussions of the economics of education*, University Jihad Publications, Tehran [In Persian].
- Ezaji, A., Assari Arani, A., vaeze mahdavi, M., K. Haddad, G. (2019). The impact of human capital components on productivity of private sector employees: Micro-Data evidence. *Economics Research*, 19(72), 141-183 [In Persian].
- Ghorbani, Z. (2020). Educational capacity, utilization of labor and human capital among the country's provinces in 2016. *Population Studies*, 6(1), 343-372 [In Persian].
- Grossman, M. (2006). Education and nonmarket outcomes. *Handbook of the Economics of Education*, 1, 577-633.
- Han, T. S., Lin, C. Y. Y., & Chen, M. Y. C. (2008). Developing human capital indicators: a three-way approach. *International Journal of Learning and Intellectual Capital*, 5(3-4), 387-403.
- Hartwig, J. (2010). Is health capital formation good for long-term economic growth?—Panel Granger-causality evidence for OECD countries. *Journal of macroeconomics*, 32(1), 314-325.
- Higon, D. A., and Sena, V. (2006), *Productivity, spillovers and human capital: an analysis for british establishments using the ARD dataset*, DTI.
- Howitt, P. (2005). Health, human capital, and economic growth: A Schumpeterian perspective. *Health and economic growth: Findings and policy implications*, 1, 19-40.
- Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). Neuro-fuzzy and soft computing, a computational approach to learning and machine intelligence.
- Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). Neuro-fuzzy and soft computing—a computational approach to learning and machine intelligence [Book Review]. *IEEE Transactions on automatic control*, 42(10), 1482-1484.

- Javanmard, H & Mohamadian, F. (2009). Indicators affecting the assessment of human capital. *Journal of Research in Human Resources Management*, 2(1), 67-86 [In Persian].
- Jenani, A. (2006). Examining the performance of government expenditures and budget policies in the health sector. *Economic Journal-Monthly Review of Economic Issues and Policies*, 5 (51), 5-26 [In Persian].
- Kwon, D. B. (2009, October). Human capital and its measurement. In *The 3rd OECD World Forum on "Statistics, Knowledge and Policy" Charting Progress, Building Visions, Improving Life* (pp. 27-30).
- Lim, S. S., Updike, R. L., Kaldjian, A. S., Barber, R. M., Cowling, K., York, H., ... & Murray, C. J. (2018). Measuring human capital: a systematic analysis of 195 countries and territories, 1990–2016. *The Lancet*, 392(10154), 1217-1234.
- Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Borji, M. (2012). The effects of health indices on economic growth in Iran. *Journal of Health Administration*, 14(46), 57-70 [In Persian].
- Maghsoudi, F. (2014), the role of vocational technical education in the country's economy and business development, *Labor and Society Monthly*, 173, 47-40 [In Persian].
- Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International journal of man-machine studies*, 7(1), 1-13.
- Mehrara, M. O. H. S. E. N., & Fazaeli, A. A. (2009). A study on health expenditures in relation with economics growth in Middle East and North Africa (MENA) Countries. *Journal of Health Administration*, 12(35), 49-60 [In Persian].
- Miciuła, I. (2016). The measurement of human capital methods. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 16(1), 37-49.
- Mobarak, A., Hojabr Kiani, K., Memarnejad, A., & Peykarjou, K. (2018). Investigating the Effects of Institutional Quality and Human Capital On Economic Growth (Case Study of Developing and Developed Countries). *The Journal of Planning and Budgeting*, [online], 23(1), 117-146 [In Persian].
- Mubarik, M. S., Chandran, V. G. R., & Devadason, E. S. (2018). Measuring human capital in small and medium manufacturing enterprises: What matters?. *Social Indicators Research*, 137(2), 605-623.
- Naderi, A. (2004), *Education economics*, Yastroon Publications, Tehran [In Persian].

- Nili, M., Nafisi, S. (2006). Estimation of the human capital of Iran based on the average years of education of the labor force. *Iranian Journal of Economic Research*, 7(25), 1-22 [In Persian].
- Oxley, L., Le, T., & Gibson, J. (2008). Measuring human capital: alternative methods and international evidence. *Korean Economic Review*, 24(2), 283-344.
- Pingfang, Z., & Dafeng, X. (2007). The estimation of human capital in chinese cities [J]. *Economic Research Journal*, 9.
- Qiao, Y., Keren, N., & Mannan, M. S. (2009). Utilization of accident databases and fuzzy sets to estimate frequency of HazMat transport accidents. *Journal of hazardous materials*, 167(1-3), 374-382.
- Qingbin, J., & Guoqing, X. (2005). Project-based curriculum research of vocational education based on task [J]. *Vocational and Technical Education*, 22, 011.
- Rabiee, M; Heidari, S; Shariat Bahadori, M & Kenny, S. (2013). The impact of health indicators on economic growth: A case study of developed and developing countries. *Economic Journal-Monthly Review of Economic Issues and Policies*, 13 (7), 73-88 [In Persian].
- Raeisi, P. (1996). The role of health on family and country productivity. *research in medicine*, 20 (2):74-86 [In Persian].
- Saadat, R. & Yavari, K. (2005). Estimating the level and distribution of human capital of Iranian households. *Journal of Economic Research (Tahghighat-E- Eghtesadi)*, 40(4), 211-238 [In Persian].
- Saedvandi, A., Sadeghi, H., Keshavarzi, Z. (2013). Fuzzy estimation of combined depreciation index for selected developing countries. *Iranian Journal of Economic Research*, 18(56), 95-122 [In Persian].
- Salatin, P., ghaffari somea, N. (2016). Impact of human capital on environmental quality. *Human & Environment*, 14(2), 1-12 [In Persian].
- Salehi, M., Jamali, E. (2015). Measuring the human capital by activity based costing method and economic value added. *Higher Education Letter*, 7(27), 35-48 [In Persian].
- Sarlak, A. (2015). The effect of health indicators on the economic growth of the country's provinces. *Health Management*, 6 (1), 7-17 [In Persian].
- Schultz, T. W. (1962). Reflections on investment in man. *Journal of political economy*, 70(5, Part 2), 1-8.
- Shapiro, A. F. (2004). Fuzzy logic in insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 35(2), 399-424.

- Sharifpour, A., Karabulut, K. (2021). The effect of human capital on business space in islamic countries. *Journal of International Business Administration*, 3(4), 87-105 [In Persian].
- Stojić, G. (2012). Using fuzzy logic for evaluating the level of countries' (regions') economic development. *Panoeconomicus*, 59(3), 293-310.
- Sugeno, M. (1985). *Industrial applications of fuzzy control*. Elsevier Science Inc.
- Tchanturia, N., Beridze, T., & Kurashvili, G. (2015). Features of development of the human capital in Georgia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 213, 580-585.
- Weatherly, L. A. (2003). Human capital-the elusive assets: measuring and managing human capital: A strategic imperative for HR. *Research Quarterly*.
- Zadeh, L. A. (1992). Fuzzy logic and the calculus of fuzzy h-then rules. *Neural Nets Worn Vietry -93*, 42.

---

استناد به این مقاله: مظفري، زانا و جواهری، بختيار. (۱۴۰۰). برآورد سرمایه انسانی در ایران با استفاده از منطق فازی، پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۶ (۸۹)، ۶۳-۹۳.



Iranian Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.