



Type of Article: Research

## Identifying the impact field of sectors and measuring the impact of technological changes on employment in Iran using the combined data-output and econometric model

mohaddaseh soleimani<sup>\*</sup>1, Aliasghar Banoei<sup>2</sup>, Esfandiar Jahangard<sup>3</sup>, Teymor Mohamadi<sup>4</sup>

Received: 2023/10/29

PP: 09-51

Accepted: 2024/03/15

### Abstract

Among the important factors that can affect employment is the amount of technological changes in the propllant sectors of the economy. Over time, technological innovation and changes have spread in many geographical spaces, but one of the major criticisms of input-output models is the inability of this model to measure the effects of technological changes caused by new innovations. In this article, we first show how the application of the field of influence method can be used to measure the effects of technology changes, and then the effect of technology changes in propllant sectors on the employment of sectors in Iran is investigated using a combined input-output and econometric method. The main question is: In which of the propllant sectors, based on the FOI method, in the period of 1365-1395, technological changes have the greatest impact on employment? The purpose of this article is to use a method that can measure the importance of different sectors using the combined model of input-output +econometrics. For this purpose, Iran's conventional input-output tables for the period from 1365 to 1395 at the constant price of 1390 and the employment data of Iran Statistics Center have been used. Also, the pattern of labor demand has been modeled using the fixed effects method and in the form of tabular data. The findings of the article indicate that with the FOI method, the propllant sectors include the industry and construction sectors, and the technological changes in the mining sector have the least impact on other sectors. Also, technological changes in industry and transportation, warehousing, and communication have the greatest effect on Iran's employment, respectively.

**KeyWords:** Input-Output Table, Technology changes, Fields of Influence, Employment, IOE Method.

**Reference:** Soleimani, M., Banoei, A., Jahangard, E., & Mohamadi, T. (2024). Identifying the Field of Influence of sectors and Measurement of technological change on employment in Iran: Using an Integrated Input-Output+ Econometric Model. *Strategic management attitude*, 2(1), 9-51.

<sup>1</sup> PhD in Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Email: soleimani1014@gmail.com

<sup>2</sup> Professor, Department of Economic Planning and Development, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Email: Banouei7@yahoo.co

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Theoretical Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Email: ejahangard@gmail.com

<sup>4</sup> Professor, Department of Theoretical Economics, Faculty of Economics, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Email: atmahamadi@gmail.com

نوع مقاله: پژوهشی

## شناسایی میدان اثرگذاری بخش‌ها و سنجش تأثیر تغییرات فناوری بر اشتغال در ایران با استفاده از الگوی ترکیبی داده- ستانده و اقتصادسنجی

محدثه سلیمانی<sup>۱\*</sup>، علی اصغر بانویی<sup>۲</sup>، اسفندیار جهانگرد<sup>۳</sup> و تیمور محمدی<sup>۴</sup>

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۵

صص: ۵۱-۹

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۷

### چکیده

از جمله عوامل مهمی که می‌تواند بر اشتغال تأثیرگذار باشد، میزان تغییرات فناوری در بخش‌های اولویت‌دار اقتصاد است. در طول زمان، نوآوری و تغییرات فناوری در فضاهای جغرافیایی بسیاری، گسترش یافته، اما یکی از انتقادات عمده به الگوهای داده- ستانده، عدم توانایی این الگو در سنجش اثرات تغییرات تکنولوژی، ناشی از نوآوری‌های جدید بوده است. در این مقاله، ابتدا نشان می‌دهیم که چگونه به‌کارگیری روش میدان اثرگذاری، می‌تواند برای اندازه‌گیری اثرات تغییرات فناوری استفاده شود و سپس تأثیر تغییرات فناوری بخش‌های اولویت‌دار بر اشتغال بخش‌ها در ایران با استفاده از روش ترکیبی داده- ستانده و اقتصادسنجی بررسی می‌شود. پرسش اصلی این است: تغییرات فناوری در کدام یک از بخش‌های اولویت‌دار براساس روش میدان اثرگذاری در دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵، بیشترین تأثیر را بر اشتغال دارد؟ هدف این مقاله، استفاده از یک روش است که بتواند میزان اهمیت بخش‌های مختلف را با استفاده از الگوی ترکیبی داده- ستانده + اقتصادسنجی بسنجد. برای این منظور، از جداول متعارف داده- ستانده ایران برای دوره زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ و داده‌های اشتغال بخشی مرکز آمار ایران استفاده شده است. همچنین الگوی تقاضای نیروی کار با روش اثرات ثابت و در قالب داده‌های تابلویی الگوسازی شده است. یافته‌های مقاله حاکی از آن است که با روش میدان اثرگذاری، بخش‌های اولویت‌دار شامل بخش‌های صنعت و ساختمان هستند و تغییرات فناوری بخش معدن، کمترین اثرگذاری را بر سایر بخش‌ها دارد. همچنین تغییرات فناوری بخش صنعت و حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات به‌ترتیب بیشترین اثرگذاری را بر اشتغال ایران دارند.

**کلیدواژه‌ها:** جداول داده- ستانده، تغییرات فناوری، روش میدان اثرگذاری، اشتغال، روش IOE

**استناددهی (APA):** سلیمانی، محدثه، بانویی، علی اصغر، جهانگرد، اسفندیار، و محمدی، تیمور (۱۴۰۲). شناسایی میدان اثرگذاری بخش‌ها و سنجش تأثیر تغییرات تکنولوژی بر اشتغال در ایران با استفاده از الگوی ترکیبی داده- ستانده و اقتصادسنجی. *فصلنامه نگرش مدیریت راهبردی*، ۱(۲)، ۵۱-۹.

مقاله کنونی برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی است.

۱. دکتری اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: [soleimani1014@gmail.com](mailto:soleimani1014@gmail.com)

۲. استاد گروه برنامه‌ریزی و توسعه اقتصادی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. [Banouci7@yahoo.com](mailto:Banouci7@yahoo.com)

۳. دانشیار گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. [ejahangard@gmail.com](mailto:ejahangard@gmail.com)

۴. استاد گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. [atmahamadi@gmail.com](mailto:atmahamadi@gmail.com)



## مقدمه

اشتغال و بیکاری از جمله مسائل مهم اقتصاد کلان در هر کشوری است، به طوری که افزایش اشتغال به عنوان یکی از شاخص‌های اساسی توسعه یافتگی جوامع تلقی می‌شود. بیکاری نیز افزون بر پیامدهای اقتصادی که ایجاد می‌کند، می‌تواند منشأ بروز آسیب‌های اجتماعی و تنش‌های سیاسی شود که امنیت سیاسی و اقتصادی یک جامعه را به خطر اندازد. بنابراین، به منظور بسترسازی مناسب برای توسعه همه‌جانبه کشور، مسئله اشتغال و نیل به تعادل در بازار کار به عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار، مدنظر تصمیم‌سازان و سیاستگذاران قرار گرفته است. هماهنگ‌سازی طرف تقاضا با سمت عرضه نیروی کار نیازمند شناخت همه‌جانبه عوامل مؤثر بر این بازار است (جهانگرد، ۱۳۹۲).

یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر اشتغال، «تغییرات فناوری» است؛ چراکه با ورود فناوری جدید، ساختار فنی و اقتصادی صنایع و بخش‌ها تغییر کرده و به تحولات اساسی در ساختار تولید و ساختار اشتغال منجر خواهد شد. در این مقاله با توجه به اهمیت موضوع، تلاش می‌شود اثر تغییرات فناوری بخش‌های اولویت‌دار بر اشتغال در سطح بخش‌های اقتصادی سنجیده شود.

در دنیای امروز، فناوری جزو جداناپذیر زندگی بشر است که در تمامی زوایای زندگی انسان نفوذ کرده است و شاید به راحتی بتوان گفت زندگی بدون فناوری، برای بسیاری از مردمانی که در قرن حاضر زندگی می‌کنند، تصورناپذیر باشد؛ اما اهمیت بررسی اثر تغییرات فناوری بر اشتغال از این زاویه است که استفاده از فناوری، مهارت‌ها و دانش‌هایی را می‌طلبد؛ به طوری که آگاهی یا عدم آگاهی از این مهارت‌ها، موقعیت شغلی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییرات فناورانه برآمده از انقلاب دیجیتالی در سال‌های اخیر باعث افزایش ترس مردمان در پیشرفته‌ترین کشورها شده است. این ترس به دلیل از دست رفتن یا جایگزینی بسیاری از مشاغل با ربات‌های هوش مصنوعی است که باعث بیکاری بسیاری از نیروهای کار و ایجاد نابرابری درآمدی در میان مردم می‌شود. آینده پژوهان پیش‌بینی می‌کنند که در یک یا دو دهه آینده، تعداد روزافزونی از کارها و



مشاغل، خودکار و دیجیتالی می‌شوند. برای نمونه، پژوهشگران مؤسسه مک‌کینزی<sup>۱</sup> تخمین زده‌اند که حدود ۵۰ درصد از مشاغل، از یک یا چندین جنبه تحت تأثیر تغییرات فناورانه قرار خواهند گرفت.

تغییرات فناوری به معنای تغییر در عملکرد اقتصاد در یک بازه زمانی است که این بازه می‌تواند میان مدت یا بلندمدت باشد. در ادبیات اقتصادی، تغییرات فناوری به دو شکل قابل بررسی است: اول، سهم نیروی کار و سرمایه و دوم، تغییرات فناوری در قالب تغییر مقداری ضرایب فنی و تغییرات ستانده ناشی از تغییرات ماتریس معکوس لئونتیف (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۱). در این مقاله، شکل دوم تغییرات فناوری مطالعه می‌شود. انتظار می‌رود تغییرات فناوری، ترکیب و محتوای نیروی کار را در فرایند تولید تغییر داده و از طریق اثرگذاری بر سطح مهارت‌ها و دستمزد، در ایجاد یا حذف فرصت‌های شغلی نقش داشته باشد. فناوری جدید می‌تواند از طریق تغییر در فرایندهای تولیدی، نیاز به نیروی کار را کاهش داده و بر اشتغال نیروی انسانی تأثیر بگذارد (جهانگرد و همکاران، ۱۳۹۲).

بنابراین، با وجود اثرات مثبت فناوری بر رشد اقتصادی، ضروری است که به اثرات منفی احتمالی آن (حداقل در کوتاه‌مدت) بر روی بازار کار نیز توجه شود. این موضوع سابقه طولانی در ادبیات علم اقتصاد دارد. در سال ۱۹۳۱، جان مینارد کینز<sup>۲</sup> به شکل صریح، پیرامون بیکاری فناورانه گسترده با این مضمون هشدار داد؛ کشف شیوه‌های اقتصادی کردن به کارگیری نیروی کار از آهنگی که ما می‌توانیم کاربردهای نوینی را برای نیروی کار بیابیم، پیشی می‌جویند. در این باره، یک اصل مسلم نهفته و آن این است که فناوری نوین به شکل چشم‌گیری، ماهیت کار را در همه صنایع و مشاغل تغییر خواهد داد. برای درک این موضوع، باید دو اثر رقابتی که تغییرات فناوری بر اشتغال دارد، توضیح داد. نخست آنکه یک اثر تخریبی وجود دارد که در نتیجه مرز شکنی ناشی از فناوری و سامانه خودکارسازی است که سرمایه را جایگزین نیروی کار کرده و

1. McKinsey Global Institute, 2017

2. John Maynard Keynes, 1931



کارگران را به سوی بیکاری (یا ارائه مهارت‌های خود در جای دیگر) سوق می‌دهد. دوم آنکه این اثر تخریبی با اثر سرمایه‌داری همراه می‌شود؛ به این صورت که تقاضا برای کالاها و خدمات نوین افزایش یافته و به خلق مشاغل، کسب‌وکارها و حتی صنایع نوین منتهی می‌شود. به‌طور کلی دو نظریه مهم در ارتباط با فناوری و اشتغال نیروی کار وجود دارد که یکی نظریه جبران و دیگری نظریه جایگزینی است که در این مقاله بررسی خواهند شد (جهانگرد، ۱۴۰۰).

اما، مسئله اصلی اینجاست که الگوی داده- ستانده این امکان را ندارد که اثر تغییرات فناوری را بر اشتغال نشان دهد. این مسئله از دو بخش مجزا تشکیل می‌شود. بخش اول مربوط به محدودیت الگوی داده- ستانده در محاسبه اثرات تغییرات فناوری ناشی از نوآوری‌های جدید و بخش دوم مربوط به محاسبه این اثرات بر اشتغال است. به‌طور کلی روش‌های متعددی برای محاسبه تغییرات فناوری، با استفاده از تکنیک داده- ستانده وجود دارد که در اینجا سه مورد از آنها که نسبت به سایر روش‌ها، کاربرد بیشتری دارند، به‌طور اجمالی، معرفی و سپس روش میدان اثرگذاری ارائه می‌شود. یک روش مستقیم سنجش تغییرات فناوری، دو روش تقاضای نهایی به تولید با شقوق مختلف فناوری و سه روش رأس<sup>۱</sup>. در این مطالعه با استفاده از روش «میدان اثرگذاری»<sup>۲</sup>، چشم‌اندازی برای تأثیر تغییرات فناورانه در کل نظام اقتصادی ایران ارائه می‌شود. در سطح دنیا، مطالعات بسیاری در حوزه روش میدان اثرگذاری انجام شده است، اما مطالعات داخلی‌ای که از این روش برای محاسبات مربوط به جداول داده- ستانده استفاده کرده باشند، بسیار محدود و مطالعه چندانی در این حوزه انجام نشده است. در مطالعات داخلی تنها در یک مقاله<sup>۳</sup> به تحلیل‌های مربوط به روش میدان اثرگذاری اشاره شده است. بنابراین، یکی از خلاءهای پژوهشی بسیار مهم در مطالعات داخلی، ضرورت استفاده از مفهوم میدان اثرگذاری تغییرات فناوری بخش‌های مختلف است.

1. RAS

2. Field of influence

3. جهانگرد و موسوی (۱۳۹۲)



وجه تمایز اصلی روش میدان اثرگذاری و روش‌هایی که تاکنون مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، این است که با این الگو می‌توان تعیین کرد که کدام یک از فناوری‌های تولید (که توسط ستون ضرایب فنی مشخص می‌شود)، بیشترین «اثر» را بر سایر بخش‌های اقتصادی می‌گذارد. همچنین، تفاوت اساسی بین رویکرد میدان اثرگذاری و سایر روش‌ها، این است که این روش به‌عنوان رویکرد اصلی برای توصیف تغییرات کلی در روابط اقتصادی بین صنایع ایجاد شده که توسط ترکیبی از تغییرات در ضرایب فناوری در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند در یک چارچوب ایستای مقایسه‌ای، پویایی‌های اقتصادی را بررسی کند. این پویایی‌ها، منعکس‌کننده تغییرات جدید فناورانه در سیستم داده- ستانده است.<sup>۱</sup> این تحلیل‌ها بر پایه ضرایب فناوری هستند و برای محاسبه، از ماتریس معکوس لئونتیف استفاده می‌شود.<sup>۲</sup>

نکته حائز اهمیت دیگر این است که الگوی داده- ستانده در سنجش اثرات تغییرات فناوری بر اشتغال، ناتوان است. برای این منظور، پژوهشگران الگوی ترکیبی داده- ستانده و اقتصادسنجی را پیشنهاد می‌کنند. مزیت اصلی به‌کارگیری الگوی ترکیبی<sup>۳</sup> این است که از روش‌های اقتصادسنجی برای پیدا کردن روابط بین متغیرهای کلیدی در طول زمان استفاده می‌کند. این الگو با تأکید بر زمان، محدودیت مندرج در ایستا بودن داده- ستانده را بر طرف می‌کند. در واقع، جدول داده- ستانده پیش از ایجاد شوک به دوره زمانی مربوط روزآمد می‌شود. این کار با در نظر گرفتن تغییرات حاشیه‌ای در ضرایب، درآمد، اشتغال، مصرف خانوار و سایر موارد امکان‌پذیر است. باید توجه داشت که سازوکار این روش، شامل یک سیستم از معادلات اقتصادسنجی پویاست و نباید با الگوی اصلی پویای داده- ستانده اشتباه گرفت.

مطالب یادشده حاکی از آن است که با وجود مطالعات گسترده در حوزه الگوی ترکیبی در سطح جهان، تاکنون به‌دلیل در دسترس نبودن داده‌های سری زمانی موردنیاز،

1. Sonis and Hewings, 2007

2. Rasmussen, 1956; Hirschman, 1958

3. IOE



مطالعات بسیار محدودی در ایران انجام شده است. با توجه به مشاهدات یادشده، این مقاله برای نخستین بار دو هدف مشخص را حول یک پرسش محوری مورد توجه قرار می‌دهد. نخستین هدف، به‌کارگیری روش میدان اثرگذاری در تغییرات فناوری بخش‌های مختلف اقتصادی و به تبع آن شناسایی بخش‌های اولویت‌دار در دوره زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵ است. هدف دوم، واکاوی کمی تأثیر تغییرات فناوری این بخش‌ها بر اشتغال با استفاده از الگوی ترکیبی است. بررسی زوایای مختلف واکاوی اهداف پیش‌گفته حول پرسش محوری زیر تحلیل می‌شود که تأثیر تغییر فناوری بخش‌های اولویت‌دار با روش میدان اثرگذاری، بر اشتغال بخش‌ها به چه میزان است؟ پاسخ به این پرسش می‌تواند نتایج سیاست‌گذاری‌های اقتصادی را کاملاً متفاوت کند و از این‌رو ضروری است که این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از داده‌های جدول داده-ستانده طی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ استفاده شده و با تلفیق مبانی نظری تقاضای نیروی کار در الگوی داده-ستانده با روش تخمین داده‌های تابلویی، به برآورد اثر تغییرات فناوری بر اشتغال نیروی کار به صورت بخشی پرداخته خواهد شد.

در راستای اهداف و پرسش مقاله، مطالب کنونی در شش بخش سازماندهی می‌شود. در بخش بعدی به تشریح پیشینه تحقیق و مبانی نظری میدان اثرگذاری و اشتغال پرداخته خواهد شد. در بخش سوم، پایه‌های آماری و نحوه تعدیل آنها ارائه می‌شود و در بخش چهارم روش محاسبات مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت، نتایج به‌دست‌آمده تحلیل و بررسی و خلاصه و نتیجه‌گیری ارائه خواهند شد.

## پیشینه و مبانی نظری

### پیشینه

با مرور اجمالی پژوهش‌های خارجی و سپس پژوهش‌های داخلی، جایگاه مقاله از منظر روش ترکیبی بررسی می‌شود.



تا اوایل دهه ۱۹۷۰، هیچ تلاشی برای ارزیابی رتبه‌بندی اثرگذاری ضرایب جداول از نظر میزان اهمیت آنها نشده بود. وست<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱، جهت‌گیری‌های مهمی را در این زمینه ارائه کرده است که نشان‌دهنده رابطه بین اندازه ضرایب است. تعدادی از رویکردهای وی در رابطه با تحلیل حساسیت در مطالعات بعدی اصلاح شدند. وست در سال ۱۹۸۲، در مقاله‌ای بر تأثیر خطای ضرایب در ماتریس معکوس لئونتیف تمرکز کرد و در سال ۱۹۹۵، در مطالعه‌ای دیگر، یک نمای کلی از رویکرد ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی و رویکردهای مجزای داده-ستانده و تعادل عمومی نشان می‌دهد و تفاوت‌هایی را که ممکن است در نتایج ایجاد شود، مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این منظور ضرایب ارزش افزوده و اشتغال را با رویکردهای مطرح‌شده محاسبه می‌کند. نتایج حاکی از آن است که تفاوت‌های اساسی بین الگوها وجود دارد، اما اینکه کدام نتیجه منطقی‌تر است، به نوع کاربرد آن الگو بستگی دارد. در این مطالعه که با استفاده از داده‌های جدول داده-ستانده ۱۵ بخشی کوئیزلند برای سال ۱۹۸۶-۱۹۸۵ بوده، بزرگترین ضرایب متعلق به الگوی بلندمدت ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی بوده است و الگوی کوتاه‌مدت ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی، ضرایب کوچکتری نسبت به الگوی داده-ستانده تولید می‌کند.

در این باره تن‌را و رودا کنتوچ<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) در کاربرد همزمان داده-ستانده و اقتصادسنجی برای شناسایی بخش‌های کلیدی اقتصاد به منظور تخمین‌های خطی، ناریب و سازگاری از پیوندهای پسین تولید و اشتغال برای اقتصاد آندلس<sup>۳</sup>، الگویی را ارائه کردند که در آن ماتریس‌های عرضه (ساخت) و مصرف (جذب) مبنای تحلیل قرار گرفتند. همچنین رودا کنتوچ و آمورس آنتونیو<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) نیز با استفاده از روش اقتصادسنجی و به کمک

1. West, 1995

2. Ten Ra & Rueda Cantuch

3. Anlausia

4. Rueda-Cantucho, Jose M. & Amores, Antonio F, 2007





ماتریس‌های عرضه و مصرف با تخمین‌هایی از پیوندهای پسین و پیشین تولید و اشتغال به شناسایی بخش‌های کلیدی اقتصاد ترکیه پرداختند.

وست<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای، یک نمای کلی از رویکرد ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی و رویکردهای مجزای داده-ستانده و تعادل عمومی نشان می‌دهد و تفاوت‌هایی را که ممکن است در نتایج ایجاد شود، مورد بررسی قرار می‌دهد. برای این منظور، ضرایب ارزش افزوده و اشتغال را با رویکردهای مطرح‌شده محاسبه می‌کند. نتایج حاکی از آن است که تفاوت‌های اساسی بین الگوها وجود دارد، اما اینکه کدام نتیجه منطقی‌تر است، به نوع کاربرد آن الگو بستگی دارد. در این مطالعه که با استفاده از داده‌های جدول داده-ستانده ۱۵ بخشی کوئزلند برای سال ۱۹۸۶-۱۹۸۵ بوده، بزرگترین ضرایب متعلق به الگوی بلندمدت ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی بوده است و الگوی کوتاه‌مدت ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی، ضرایب کوچکتری نسبت به الگوی داده-ستانده تولید می‌کند.

ری<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای به بررسی ماهیت تغییر ضریب در معادله تقاضای اشتغال از طریق الگوهای ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی با استفاده از روش جایگذاری برای منطقه سانتیگو پرداخته است. او با برشمردن مزایای این روش ترکیبی نسبت به روش‌های مجزای داده-ستانده و اقتصادسنجی، نشان می‌دهد که این روش می‌تواند کاستی‌های روش‌های یادشده را هنگامی که به‌تنهایی به‌کار برده می‌شوند، برطرف کند و سبب بهبود در تصریح معادلات تقاضای اشتغال شود که درنهایت به بهبود در تخمین مؤلفه‌های الگو و پیش‌بینی منجر می‌شود.

ری<sup>۳</sup> (۱۹۹۹a) در مطالعه‌ای دیگر به‌منظور آزمون موقعیت الگوهای داده-ستانده و اقتصادسنجی به بررسی انگیزه‌های کاربردی و نظری برای این نوع از الگوسازی پرداخته است. این مقاله، دیدگاهی از تحقیقات اخیر را بر الگوهای ترکیبی داده-ستانده و

1. West, 1995

2. Rey, 1997

3. Rey, 1999a



اقتصادسنجی در مقیاس منطقه‌ای ارائه می‌دهد. توجه ویژه این مقاله بر پیوندهای چندمنطقه‌ای و تأثیرات فضایی در مقیاس منطقه‌ای با به‌کارگیری الگوسازی ترکیبی شده و درنهایت به این نتیجه رسیده است که استفاده از رویکرد ادغام‌شده به بهبود مسائل مربوط به خطای تصریح و سنجش منجر می‌شود. حشمتی (۱۹۹۸) با استفاده از داده‌های گروهی متوازن از ۵۳ بانک پس‌انداز سوئد در طول دوره ۱۹۹۴-۱۹۹۰ به بررسی تقاضای نیروی کار در بانک‌های پس‌انداز سوئد پرداخته است. تقاضای عامل کار، تابعی از خدمات تولیدشده، دستمزدها، نهاده‌های شبه‌ثابت، ویژگی‌های بانک و یک اثر زمان در نظر گرفته شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، همه کشش‌های تولید، مثبت و کشش دستمزدی، منفی است و مقدار آن خیلی بزرگ است و در طول زمان با آهستگی افزایش می‌یابد.

نکوب و حشمتی (۱۹۹۸) با الگوهای اقتصادسنجی و با استفاده از داده‌های آماری گروهی از ۱۰ صنعت کارخانه‌ای زیمبابوه در طول دوره ۱۹۹۳-۱۹۷۰ میلادی به بررسی وضعیت اشتغال در صنایع کارخانه‌ای زیمبابوه پرداخته‌اند. در این مطالعه، یک الگوی تعدیل پویای اشتغال ارائه شده است که در آن سرعت تعدیل برحسب زمان و نوع صنعت متغیر است. تقاضای اشتغال به صورت تابعی از دستمزدها، تولید و موجودی سرمایه الگوسازی شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، تقاضای اشتغال، بیشترین واکنش را به ترتیب نسبت به دستمزدها، سرمایه و تولید نشان می‌دهد.

موریسن و روزنبلم<sup>۱</sup> و نیکل و کونگ<sup>۲</sup> در پژوهش‌هایی با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، اشتغال و تولید را بر متغیر سرمایه به تولید و دو متغیر شدت سرمایه‌بری تولید شامل استفاده از ابزارآلات و فناوری سطح بالا، آزمون کرده و به رابطه مثبت و معناداری بین اشتغال و استفاده از فناوری سطح بالا دست یافته‌اند. برخلاف تحقیقات محدود بخشی، طیف گسترده‌ای از مطالعات در سطح بنگاه انجام شده است. در این زمینه

1. Morrison B. & Rosenblm, 1992

2. Nickell & Kong, 1987



میلوارد و اسوالد<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) در اقتصاد انگلستان و به صورت مقطعی در ۹۴۸ بنگاه و با استفاده از متغیر جانشین فناوری‌های جدید در سطح میکروالکترونیک در سه سال قبل در بنگاه و متغیرهای کنترل شامل عمر فناوری، هزینه واحد، تقاضا و مالکیت بنگاه‌ها، دریافته‌اند که در بنگاه‌های انگلستان، گسترش فناوری بر رشد اشتغال، تأثیر معنادار و مثبت داشته است.

جهانگرد و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای با عنوان «تأثیر فناوری بر اشتغال در ایران: رویکرد داده-ستانده و اقتصادسنجی»، اثر تغییرات فناوری و دستمزد (جبران خدمات) را بر تقاضای نیروی کار در ایران بررسی کردند. در این مقاله برای دستیابی به این هدف، به تلفیق الگوی تقاضای نیروی کار در الگوی داده-ستانده با روش داده‌های تابلویی پرداخته شده و از جداول داده-ستانده سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ استفاده شده است. نتایج برآورد با استفاده از رویکرد اثرات ثابت نشان می‌دهد که ضرایب متغیر اشتغال نسبت به مؤلفه‌های فناوری، مثبت و معنادار هستند.

متقی (۱۳۷۷) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل و برآورد تقاضای اشتغال در ایران ۱۳۸۵-۱۳۵۰» ضمن تشریح اصول کلی حاکم بر بازار کار و به‌ویژه تقاضای نیروی کار در ایران، روند تغییرات تقاضای نیروی کار را در بخش‌های مختلف اقتصادی با روش‌های اقتصادسنجی بررسی کرده است. درنهایت به این نتیجه می‌رسد که میزان تقاضای نیروی کار در سال ۱۳۸۵ معادل ۲۰ میلیون و ۶۵۸ هزار نفر است و همچنین از بین بخش‌های مختلف اقتصادی در کشور، بخش خدمات بالاترین میزان تقاضا برای نیروی کار را در سال ۱۳۸۵ خواهد داشت.

نادری (۱۳۸۱) در مطالعه خود با عنوان «ارزیابی منابع رشد اقتصاد ایران با استفاده از جداول داده-ستانده و روش الگوسازی چندسطحی» نشان می‌دهند که الگوهای چندسطحی می‌تواند استفاده از اطلاعات تفصیلی تمام جداول داده-ستانده در دسترس

<sup>۱</sup>. Millward& Oswald, 1991



را فراهم کند و از سوی دیگر با لحاظ کردن اجزای تصادفی متعدد در الگو، زمینه و بستر لازم را برای لحاظ کردن آثار کنترل‌ناپذیر تعامل‌ها در یک اقتصاد و نیز ارائه برآوردهای فاصله‌ای فراهم آورد.

امینی (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای به تحلیل عوامل مؤثر بر تقاضای نیروی کار در سطح ۱۴ بخش اقتصادی با روش‌های اقتصادسنجی پرداخته است که درنهایت به این نتیجه می‌رسد که اهداف برنامه سوم توسعه در زمینه اشتغال، محقق نخواهد شد؛ مگر اینکه نرخ‌های رشد تولید و سرمایه‌گذاری، بیشتر از اهداف تعیین‌شده در برنامه سوم توسعه تحقق یابد. یا هزینه‌های واقعی استفاده از نیروی کار، کاهش چشمگیری یابد.

وحیدی (۱۳۸۰) در مقاله خود می‌نویسد که بر پایه نظریه‌های رشد اقتصادی، افزایش عوامل تولید، تنها می‌تواند تا زمانی به افزایش تولید و اشتغال بینجامد و پس از آن، در نبود پیشرفت فناوری، تولید بازدهی کاهنده خواهد بود. از این‌رو، افزایش عوامل تولید (سرمایه) نمی‌تواند به‌تنهایی تولید را افزایش دهد. اما پیشرفت فناوری پیرو قانون بازدهی کاهنده نیست و با انتقال تابع تولید می‌تواند رشد تولید و اشتغال و از این طریق کاهش بیکاری را در پی داشته باشد.

همان‌طور که مطرح شد، در سطح دنیا مطالعات بسیاری در حوزه روش ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی انجام شده است، اما مطالعات داخلی تنها با روش‌های اقتصادسنجی انجام شده است و تنها در یک مقاله<sup>۱</sup> به روش ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی اشاره شده است. بنابراین، مقاله کنونی به تفصیل به بررسی روش‌شناسی الگوی ترکیبی و مقایسه ضریب اشتغال با هر یک از این الگوها می‌پردازد.

مبانی نظری

به‌طور کلی دو نظریه مهم در ارتباط با فناوری و اشتغال نیروی کار وجود دارد که یکی نظریه جبران و دیگری نظریه جایگزینی است. در «نظریه جبرانی» استدلال می‌شود که

۱. جهانگرد و همکاران، ۱۳۹۲



به‌طور کلی، اقتصادهای دنیا تمایل داشتند تا نگرانی‌های اصلی پیرامون تخریب‌های احتمالی پیشرفت فنی بر اشتغال را برطرف کنند. نظریه جبران و غرامت، یکی از مباحثی است که در این زمینه مطرح شده است. این نظر که بین اقتصاددانان معاصر نیز متداول است، بر این عقیده استوار است که تغییر فنی اثر مثبت بر اشتغال در بلندمدت بر جای می‌گذارد. درحالی‌که اثرات مستقیم پیشرفت فنی، صرفه‌جویی در نیروی کار است؛ نظریه جبران نشان می‌دهد که سازوکارهای جبران مبتنی بر بازار غیرمستقیم وجود دارند که می‌توانند این اثر اولیه صرفه‌جویی نیروی کار را خنثی کرده یا حتی آن را معکوس کنند. برای نمونه می‌توان به ویوارلی<sup>۱</sup> (۱۹۹۵)، پتیت<sup>۲</sup> (۱۹۹۵)، ویوارلی و پیانتا<sup>۳</sup> (۲۰۰۰) و پیانتا<sup>۴</sup> (۲۰۰۴)، اشاره کرد. در این ارتباط، خلق شغل از طریق ایجاد محصول جدید، خلق شغل از طریق هزینه پایین‌تر تولید و خلق شغل از طریق مصرف بالاتر محصول، از مهمترین دیدگاه‌های پشتیبان این نظریه هستند (جهانگرد، ۱۴۰۰).

براساس «نظریه جایگزینی»، در آغاز تغییر فناوریانه ناشی از فناوری‌های دیجیتالی، رایانه‌ها جانشین نیروی کار شدند. این دیدگاه از ادبیات پایان کار<sup>۵</sup> که تصویر تاریکی از کاهش جهانی نیروی کار را ترسیم می‌کند، تا دیدگاه تغییر فناوریانه تورش‌دار از نظر مهارت و وظیفه که نشان می‌دهد رایانه‌ها، جانشین انواع مشخصی از مشاغل و وظایف شده‌اند که به قطبی‌سازی بازارهای نیروی کار منجر می‌شود، در حال نوسان است. درواقع دیدگاه یادشده، این ایده را مطرح می‌کند که اثر صرفه‌جویی در نیروی کار فناوری بر مهارت‌های مختلف به شیوه‌های متفاوت اثر گذاشته و به موجب آن باعث جانشینی مثبت و منفی طیف وسیعی از مهارت‌ها می‌شود. این امر ممکن است به قطبی‌سازی شغل در هر دو مهارت‌های بالا و پایین (انتهای طیف) و درنهایت بیکاری منجر شود که در آن رایانه‌ها جانشین هوش انسانی در تمام مشاغل می‌شود (جهانگرد،

1. Vivarelli, 1995

2. Petit, 1995

3. Vivarelli and Pianta, 2000

4. Pianta, 2004

5. End-of-work Literature



۱۴۰۰). با توجه به دو نظریه مطرح‌شده، در این مقاله به دنبال شناسایی میدان اثرگذاری بخش‌ها و سنجش تأثیر تغییرات فناوری بر اشتغال در ایران با استفاده از الگوی ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی هستیم.

تغییرات ساختاری و سنجش آن در بستر تغییرات فناوری مرهون تلاش‌های هولیس چنری و همکاران در دهه ۱۹۶۰ و پس از آن است.<sup>۱</sup> هرچند چنری و همکاران با معرفی الگوی داده-ستانده موفق شدند نارسایی‌های موجود در سنجش تغییرات فناوری را برطرف کنند، ولی مفهوم و قلمرو گسترده کاربرد آن در تحلیل‌های سیاستی برای پژوهشگران حل نشده باقی ماند. چگونگی بررسی زوایای مختلف، این مشکل حل نشده در مقاله ارزشمند آدام رز با عنوان تغییرات فناوری و تجزیه داده-ستانده نشان داده می‌شود.<sup>۲</sup> آدام رز در مقاله خود ضمن ارائه مفهوم تغییرات فناوری، دلایل تغییرات فناوری در چارچوب الگوی داده-ستانده را چنین فهرست می‌کند: نوآوری‌های جدید، تغییر در قیمت‌های نسبی، تغییر در ترجیحات، تغییر در الگوهای تجاری و بسیاری موارد دیگر. وی برای اینکه بتواند تصویر و تعریف واضح‌تری از تغییرات فناوری<sup>۳</sup> به دست دهد، ابتدا تمرکز خود را بر تغییرات ضرایب<sup>۴</sup> منعکس می‌کند.

لئونتیف بنیانگذار اقتصاد داده-ستانده، در راستای مطالعات چنری<sup>۵</sup> و رز<sup>۶</sup>، مفهوم تغییرات فناوری را مورد توجه قرار داده است. در مقایسه با سایر پژوهش‌های انجام شده که الگوی ایستای مقایسه‌ای داده-ستانده را مبنای سنجش تغییرات فناوری در نظر می‌گیرند، لئونتیف الگوی پویای داده-ستانده را اساس تغییرات فناوری قرار می‌دهد. وجه تمایز بین الگوی ایستای مقایسه‌ای و الگوی پویای داده-ستانده این است که نقش سرمایه در الگوی ایستای مقایسه‌ای برون‌زاست و بدین ترتیب فقط تغییرات ماتریس

1. Behrman, 1982

2. Rose, 1984

3. Technological Change

4. Coefficient Change

5. Chenery and Taykor, 1968

6. Rose, 1984



ضرایب فنی به قیمت ثابت مبنای سنجش تغییرات فناوری قرار می‌گیرد. حال آنکه در الگوی پویای داده- ستانده، متغیر سرمایه درون‌زا می‌شود. در این روش، ماتریس ضرایب سرمایه بین‌بخشی موردنیاز است که چون دستیابی به این جدول زمانبر و با هزینه بالاست، غالباً کشورها به این ماتریس دسترسی ندارند، بنابراین محاسبه تغییرات فناوری از طریق الگوی پویای لئونتیف برای بسیاری از کشورها از جمله ایران ممکن نیست (لئونتیف، ۱۹۸۶).

کارتز (۱۹۷۶) نیز همچون چنری و رز معتقد است که می‌توان تغییرات فناوری در یک کشور را با استفاده از دو جدول داده- ستانده به قیمت ثابت برای یک کشور که در دو زمان متفاوت تهیه شده‌اند، به‌دست آورد (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۴۰۱). همچنین، میلر و بلر (۲۰۲۲) در کتاب تحلیل داده- ستانده خود، تغییرات فناوری را به‌معنای تغییر در ضرایب ماتریس معکوس لئونتیف عنوان می‌کنند. آنها در کتاب خود روش راس معرفی شده در مطالعه دیازناخر و هکسترا (۲۰۰۲) را برای تجزیه تغییرات فناوری معرفی کرده‌اند. بنابراین در روش‌های سنتی، تغییر در مقادیر ستون‌های جدول داده- ستانده نشان‌دهنده اثرگذاری جانشینی فنی بر اقتصاد است. به‌عبارت دیگر، تغییر الگوی مبادلات واسطه‌ای می‌تواند نشان‌دهنده حذف فناوری قدیمی و جایگزینی آن با فناوری جدید باشد. کارتز تغییر در ضرایب «مستقیم» و «مستقیم و غیرمستقیم» یا به‌عبارتی تغییر در ماتریس ضرایب فنی و ماتریس معکوس لئونتیف طی بازه زمانی موردبررسی را نمادی از تغییرات فناوری در نظر می‌گیرد.

با توجه به مطالعات پیشین، یکی از انتقادات عمده به الگوهای داده- ستانده، عدم توانایی این الگوها در سنجش اثرات تغییرات فناوری، ناشی از نوآوری‌های جدید بوده است. شرمن، موریسون و وودبری (۱۹۵۰) به‌عنوان پیشگامان حوزه میدان اثرگذاری، مطالعاتی در این زمینه انجام دادند که به‌عنوان مدل شرمن<sup>۱</sup> شناخته می‌شوند. آنها نشان دادند که چگونه تغییرات عناصر در یک ماتریس غیرمستقیم به تغییرات عناصر در

<sup>۱</sup>. SMW



معکوس آن ماتریس منتقل می‌شود. شرمن و موریسون ابتدا تغییر در تنها یک متغیر و سپس تغییر در چند متغیر و وودبری تغییر در چند سطر یا چند ستون را بررسی کردند.<sup>۱</sup> سونی و هیونگز<sup>۲</sup> در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۱ در راستای انتقادات مطرح‌شده، رویکرد جدیدی را ارائه کرده‌اند که مبتنی بر مفهوم میدان اثرگذاری تغییرات فناوری است. آنها از روش میدان اثرگذاری، برای تخمین و ارزیابی جداول داده-ستانده منطقه‌ای، بررسی اثرات تغییرات ضرایب فناوری به‌عنوان یک فرم عمومی از تحلیل خطا و حساسیت و کمک به شناسایی ضرایب معکوس با اهمیت<sup>۳</sup> استفاده کرده‌اند. همچنین، در مطالعاتی دیگر ثابت کرده‌اند که این رویکرد برای تحلیل ساختار جداول داده-ستانده، شناسایی بخش‌های کلیدی و چشم‌اندازهای اقتصادی نیز مفید است.<sup>۴</sup>

هدف از الگوی میدان اثرگذاری، ارائه روشی است که مستقل از نوع تغییر ضرایب، به اندازه کافی کلی باشد تا بتواند انواع تغییرات اعم از یک درایه، سطر، ستون یا همه عناصر ماتریس را دربرگیرد. این روش، براساس نسبت دو تابع چندجمله‌ای تغییرات که براساس بسط سری تیلور معکوس لئونتیف است، محاسبه می‌شود. تفاوت اساسی این روش با سایر روش‌ها، این است که رویکرد میدان اثرگذاری<sup>۵</sup> به‌عنوان الگویی اصلی برای توصیف تغییرات کلی در روابط اقتصادی بین صنایع ایجادشده توسط ترکیبی از تغییرات در ضرایب در نظر گرفته می‌شود. این رویکرد از این جهت کلی‌تر است که می‌تواند طیف کاملی از تغییرات را مدیریت کند. به‌طور خاص، توانایی بررسی تأثیر تغییرات در یک زیرمجموعه دلخواه از درایه‌های جدول، به‌عنوان یکی از ویژگی‌های اصلی این روش ارائه می‌شود. این نتایج براساس مطالعات پیشین سونی و هیونگز در سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۸۹، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲ است.<sup>۶</sup>

1. Miller & Blair, 2022

2. Sonis and Hewings, 1989

3. Inverse-important coefficients

4. Cuello et al, 1992; Sonis and Hewings, 1992; Sonis et al, 1999

5. Field of influence

6. Sonis and Hewings, 2007





همان‌طور که مطرح شد، در سطح دنیا مطالعات بسیاری در حوزه روش میدان اثرگذاری انجام شده است، اما مطالعات داخلی‌ای که از روش میدان اثرگذاری برای محاسبات مربوط به جداول داده-ستانده استفاده کرده باشند، بسیار محدود و مطالعه چندانی در این حوزه انجام نشده است. تنها جهانگرد و موسوی (۱۳۹۲)، از الگوی داده-ستانده با تحلیل حساسیت استفاده کرده‌اند تا مصرف مستقیم و غیرمستقیم برق در فعالیت‌های اقتصادی سه کشور ایران، ترکیه و آلمان را بررسی کنند. همان‌طور که گفته شد، یکی از خلاءهای پژوهشی بسیار مهم در مطالعات داخلی، ضرورت استفاده از مفهوم میدان اثرگذاری تغییرات فناوری بخش‌های مختلف است. بنابراین، مقاله کنونی به تفصیل به بررسی روش‌شناسی این الگو و محاسبه اثرات تغییرات فناوری با این روش می‌پردازد.

برای محاسبه میدان اثرگذاری تغییرات فناوری، ضروری است که جداول داده-ستانده به قیمت ثابت محاسبه و همگن‌سازی جداول براساس فروض فناوری یکسان انجام شود. پس از همگن‌سازی جداول داده-ستانده و تبدیل آن به قیمت ثابت، می‌توان تغییرات فناوری را با استفاده از روش میدان اثرگذاری محاسبه کرد.

### روش‌شناسی تحقیق

به‌طور کلی، برای محاسبه جداول داده-ستانده به قیمت ثابت، سه روش وجود دارد که عبارت‌اند از: روش «تعدیل دوچندان»<sup>۱</sup>، «روش‌راس»<sup>۲</sup> و «روش محاسبه همزمان ماتریس‌های ساخت و جذب به قیمت‌های جاری و ثابت» (بانویی، گزارش طرح تحقیقاتی مجمع تشخیص مصلحت، ۱۳۹۳). در این میان، روش تعدیل دوچندان به‌علت سهولت استفاده، بیش از سایر روش‌ها مورد استقبال نهادهای بین‌المللی و پژوهشگران خارجی قرار گرفته است.<sup>۳</sup> با توجه به نکات پیش‌گفته، در این مقاله برای محاسبه جداول داده-ستانده به قیمت ثابت از جداول متعارف و روش تعدیل دوچندان استفاده شده است. در ادامه الگوی ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی و الگوی میدان اثرگذاری ارائه می‌شوند.

<sup>۱</sup>. Double Deflation

<sup>۲</sup>. RAS

<sup>۳</sup>. UN Handbook, 1999, 2017

الگوی ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی<sup>۱</sup>

هدف از الگوی ترکیبی داده-ستانده و اقتصادسنجی، ایجاد یک سیستم روابط اقتصادسنجی درون‌زاست که به‌طور کلی به شکل کشش تبیین می‌شود. با این روش می‌توان تأثیراتی را که طی چند سال اتفاق می‌افتد، بررسی کرد. از آنجایی که اقتصادسنجی ساختاری پویا دارد، در نتیجه اقتصاد در معرض شوک‌های خارجی قرار می‌گیرد و با این الگو می‌توان ضرایب تأثیر (کوتاه‌مدت)، ضرایب تأخیر و ضرایب پویا (بلندمدت) را بررسی و اثرات تجمعی تأثیرات پویا را که طی چندین سال اتفاق می‌افتد، تحلیل کرد. الگوهای ترکیبی بسته به نوع منطقه (منطقه‌ای یا ملی) و هدف از طراحی (تحلیل تأثیر، پیش‌بینی و توزیع درآمد) دارای مشخصات گسترده‌ای است.<sup>۲</sup>

در حوزه الگوسازی ترکیب داده-ستانده با اقتصادسنجی، سه نوع راهبرد ترکیب توسط ری (۱۹۹۷) مطرح شده است که عبارت‌اند از: یک. دوسویه و جفتی<sup>۳</sup>؛ دو. جایگذاری<sup>۴</sup> و سه. پیوند<sup>۵</sup>. این راهبردها بیشتر براساس روش ترکیب دو الگو با یکدیگر طراحی و پیشنهاد شده‌اند. در این مقاله برای تعیین تأثیر فناوری بر اشتغال از الگوی ترکیبی و روش جایگذاری استفاده می‌شود. برای محاسبه ماتریس ضرایب فزاینده اشتغال، از رابطه لئونتیف استفاده می‌شود:

$$X = (I - A)^{-1} \quad (۱)$$

اگر  $X_j$  تولید و  $I$  اشتغال در بخش  $j$  باشد، ضریب اشتغال به صورت زیر است:

$$e_j = I_j / X_j \quad (۲)$$

در این صورت ماتریس ضرایب فزاینده اشتغال،  $L$  حاصل ضرب ماتریس قطری ضرایب اشتغال و تولید کل  $X$  خواهد بود:

$$L = \hat{e}(I - A)^{-1}F \quad (۳)$$

$L$ ، ماتریس ضرایب فزاینده اشتغال است و براساس الگوی ری (۱۹۹۷) داریم:

$$e_{it} = X_t \beta_t + \sum_{j \neq i}^n \sigma_{ij,t} e_{j,t} + \delta_{it} \quad (۴)$$

1. IOE

2. West, 1995

3. Coupling

4. Embedding

5. Linking

6. REY



الگوی یادشده نشان‌دهنده الگویی با داده‌های تابلویی است. در این معادله  $\hat{a}$  نشان‌دهنده آمین واحد مقطعی (یعنی بخش موردنظر در جدول داده-ستانده) و  $t$  نشان‌دهنده  $t$  آمین دوره زمانی است. بیانگر اشتغال در بخش  $i$  در دوره زمانی  $t$  است که نشانگر مقدار متغیر وابسته برای مقطع  $i$  در زمان  $t$  است.  $X_{it}$  مبین بردار متغیرهای توضیحی و کنترلی الگوست. متغیرهای توضیحی الگو، تابع تقاضای اشتغال و چهارچوب نظری داده-ستانده هستند که براساس مباحث کلان این عوامل شامل سرمایه‌گذاری، مخارج دولت، صادرات، مصرف و تغییرات فناوری هستند. از طرفی بر مبنای مباحث نظری تقاضای نیروی کار بنگاه با توجه به برابری ارزش تولید نهایی نیروی کار با دستمزد حاصل می‌شود. کاهش دستمزد نیروی کار باعث می‌شود ارزش تولید نهایی کارگر بزرگتر از دستمزد شود و اشتغال بیشتر نیروی کار، صرفه اقتصادی داشته باشد. بنابراین کاهش دستمزد باعث افزایش اشتغال می‌شود.  $\sum_{j \neq i}^n \sigma_{ij,t} \theta_{j,t}$  نمایانگر ضرایب فنی اشتغال بین بخشی است.<sup>۱</sup> نکته حائز اهمیت این است که در این مطالعه، به جای ضرایب فنی اشتغال بین بخشی از داده‌های میدان اثرگذاری استفاده شده است.

پیش از ورود به بحث تخمین و تحلیل الگو، لازم است در ابتدا این مسئله که چرا مطالعه کنونی به صورت داده‌های تابلویی مورد بررسی قرار می‌گیرد، روشن شود. معمولاً روش‌های سنتی اقتصادسنجی بر مجموعه‌های زمانی و داده‌های مقطعی، ناهمگنی‌های مربوط به واحدها یا گروه‌ها را لحاظ نمی‌کنند و نتایج دارای خطر تورش‌دار بودن است. این نوع ناهمگنی‌ها در روش داده‌های تابلویی در نظر گرفته می‌شوند و برآوردهای ناریب و سازگار تولید می‌کنند (بالتاجی و لوین<sup>۲</sup>، ۱۹۹۲).

### الگوی میدان اثرگذاری<sup>۳</sup>

در اینجا به دنبال یافتن اثر تغییر فناوری بخش‌های اولویت‌دار بر اشتغال هستیم، اما اینکه تغییر فناوری کدام یک از بخش‌های اقتصادی، بیشترین تأثیر را بر اشتغال دارد، مسئله‌ای است که الگوی اقتصادسنجی در سنجش آن ناتوان است. برای این منظور، روش میدان نفوذ یا میدان اثرگذاری، مبنای انتخاب بخش‌های اولویت‌دار را که بیشترین تأثیر فناوری بر اشتغال دارد، استفاده می‌شود. روش میدان اثرگذاری در واقع روش

1. Rey, 1997

2. Baltagi & Levin

3. Field of influence



تعمیم یافته پیوندهای پسین و پیشین سنتی است و هدف آن بررسی اثرات تغییرات ضرایب فناوری به‌عنوان یک فرم عمومی از تحلیل خطا و حساسیت و کمک به شناسایی ضرایب معکوس با اهمیت<sup>۱</sup> گسترش یافته است.<sup>۲</sup> همچنین، ثابت شده است که این رویکرد برای تحلیل ساختار جداول داده- ستانده، شناسایی بخش‌های کلیدی و چشم‌اندازهای اقتصادی نیز مفید است.<sup>۳</sup> بنابراین، لازم است که ابتدا تعریف دقیقی از مفهوم میدان نفوذ ارایه شود. براساس مطالعات سونی و هیونگ (۱۹۹۲)، تحلیل‌ها براساس الگوی لئونتیف انجام می‌شود. این الگو به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$x = Ax + f(\Delta)$$

در اینجا  $x$  ستانده درون‌زا،  $A$  ماتریس ضرایب فنی مستقیم و  $f$  نیز تقاضای نهایی برون‌زاست. فرم کاهش یافته این الگو به صورت زیر است:

$$x = Bf \quad (6)$$

که در اینجا  $B$  عبارت از ماتریس معکوس لئونتیف  $(I-A)^{-1}$  است. ماتریس معکوس لئونتیف اثر کامل یک شوک خارجی در تقاضای نهایی را بر تمام رشته فعالیت‌ها نشان می‌دهد. با چنین ماتریسی می‌توان وابستگی متقابل فناوریانه نظام تولیدی را تعیین کرده، ستانده موردنیاز برای تأمین افزایش مصرف نهایی را که بخشی از تقاضای نهایی است، مشخص کرد. به این ترتیب، تعیین سطحی از ستانده که برای تأمین سطوح مختلف تقاضای نهایی موردنیاز است و همچنین چگونگی تغییر سطوح ستانده برای تأمین این تغییرات در تقاضای نهایی، امکان‌پذیر خواهد بود.

شرمن، موریسون و وودبری (۱۹۵۰) مطالعاتی در این حوزه انجام دادند که به الگوی شرمن شناخته می‌شوند. آنها نشان می‌دهند که چگونه تغییرات عناصر در یک ماتریس غیرمستقیم به تغییرات عناصر در معکوس آن ماتریس منتقل می‌شود. شرمن و موریسون ابتدا تغییر در تنها یک متغیر و سپس تغییر در چند متغیر و وودبری تغییر در چند سطر یا چند ستون را بررسی کردند.<sup>۴</sup> در ادامه رابطه شرمن و موریسون<sup>۵</sup> و ضرایب معکوس با اهمیت<sup>۶</sup> توضیح داده می‌شوند. ضریب معکوس با اهمیت بر پایه تغییراتی

1. Inverse-important coefficients

2. Sonis and Hewings, 1989

3. Cuello et al, 1992; Sonis and Hewings, 1992; Sonis et al, 1999

4. Miller & Blair, 2009, p578

5. Sherman-Morrison

6. Inverse-important Coefficient



است که فقط با یک داده  $a_{hc}$  (درایه واقع شده در سطر  $h$  و ستون  $c$  در ماتریس  $A$ ) مرتبط است. برای محاسبه تأثیر یک تغییر به میزان  $e_{hc}$  در ماتریس  $A$  در ماتریس معکوس لئونتیف، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$B(E) = B + \frac{1}{1-b_{ch}e_{hc}} F_{(h)}^{(c)} e_{hc} (\gamma)$$

در اینجا ماتریس معکوس لئونتیف پس از تغییرات، میزان تغییر در ماتریس  $A$  و درایه سطر  $c$  و ستون  $h$  ماتریس معکوس لئونتیف است و  $F^1$  نیز میدان اثرگذاری را نشان می‌دهد.

$$F_{(h)}^{(c)} = \begin{pmatrix} b_{1h} \\ b_{2h} \\ \vdots \\ b_{nh} \end{pmatrix} (b_{c1}, b_{c2}, \dots, b_{cn}) (\lambda)$$

اگر ماتریس  $B$  منعکس‌کننده چشم‌انداز اقتصادی وابستگی متقابل بین صنایع باشد، معادله ۱۲ می‌تواند یک چشم‌انداز قابل مقایسه، با تغییر در یک یا چند عنصر از ماتریس ضرایب مستقیم  $A$  را مورد توجه قرار دهد. از لحاظ مفهومی، میدان نفوذ میزان تغییرات موجود که فقط به یک بخش از اقتصاد مرتبط است یا به کل سیستم اقتصاد گسترش یافته است، ارزیابی می‌کند. به‌طور معمول هر درایه در ماتریس، براساس رابطه (شرمن و موریسون، ۱۹۵۰) که صورت دیگری از رابطه ۱۱ است، به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$b_{ij}(E) = b_{ij} + \frac{b_{cj}b_{ih}e_{hc}}{1-b_{ch}e_{hc}} (\eta)$$

با استفاده از ماتریس  $F$  می‌توان اثرات تجمعی تغییر ضریب  $a_{hc}$  را بر همه اجزای ماتریس معکوس لئونتیف ارزیابی کنیم. به‌عبارت دیگر، مجموعه‌ای از ضرایب، محاسبه می‌شوند که با توجه به تغییر اولیه در یکی از آنها، بیشترین تأثیر را بر اقتصاد خواهند گذاشت. گفتنی است که مجموعه ضرایب معکوس مهم، لزوماً برای معیارهای مختلف یکسان نخواهد بود. برای نمونه اگر بر بیکاری، درآمد یا تولید تمرکز شود، نتایج متفاوتی به‌دست خواهد آمد.<sup>۲</sup>

1. Field of influence

2. Sonis and Hewings, 1992

## پایه‌های آماری

در این پژوهش برای بررسی اثر تغییرات فناوری از جداول داده- ستانده سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران به قیمت ثابت ۱۳۹۰ استفاده شده است. اگرچه که این جداول نیز به لحاظ روش محاسبه و طبقه‌بندی، غیرهمگن هستند و برای تبدیل آنها به قیمت ثابت ابتدا باید فرایند همگن‌سازی انجام شود، اما سایر جداول تهیه‌شده توسط مراکز دیگر از هماهنگی‌ای که این جداول دارند، برخوردار نیستند.

جدول سال ۱۳۶۵، یک جدول متقارن فعالیت در فعالیت به ابعاد ۷۸ در ۷۸ با فرض فناوری بخش است که براساس جداول عرضه و مصرف به ابعاد ۷۸ در ۷۸، محاسبه شده است. جدول سال ۱۳۷۰ یک جدول نیمه آماری متقارن فعالیت در فعالیت به ابعاد ۷۸ در ۷۸ با فرض فناوری بخش است که از طریق روش راس تعدیل و روزآمد شده است.

اما مرکز آمار ایران، جدول متقارن سال ۱۳۷۵ را محاسبه نمی‌کند. برای محاسبه این جدول، از جداول عرضه و مصرف ماتریس حسابداری- اجتماعی<sup>۱</sup> سال ۱۳۷۵ بر پایه داده‌های مرکز آمار ایران، استفاده شده است که بر این اساس جدول متقارن فعالیت در فعالیت با فرض ساختار ثابت فروش محصول به‌دست آمده است. جداول ۱۳۸۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ از مرکز پژوهش‌های مجلس که براساس داده‌های مرکز آمار ایران بود، مورد استفاده قرار گرفت و از آنجایی که جدول<sup>۲</sup> ۱۳۹۵ با فرض ساختار ثابت فروش بخش در مرکز آمار ایران وجود داشت، به دلیل مغایرت با سایر جداول، با جدول ساخت و جذب و براساس فناوری بخش<sup>۳</sup>، دوباره محاسبه خواهد شد.

اما جداول یادشده، به قیمت جاری هستند و باید به قیمت ثابت محاسبه شوند. ابتدا تمام جداول داده- ستانده مورد بررسی، در ۱۱ بخش تجمیع (یکی از دلایل تجمیع در ۱۱ بخش مربوط به محدودیت داده‌های ماتریس حسابداری- اجتماعی سال ۱۳۷۵ بوده که جدول متقارن براساس آن استخراج شده است، همچنین با توجه به اینکه برای به

۱. SAM

۲. جدول سال ۱۳۹۵ براساس ویرایش چهارم بود که به دلیل تطابق با سایر جداول، ابتدا به ویرایش سوم تبدیل و سپس محاسبات لازم انجام شد.

۳. کیفیت تحلیل‌های جداول داده- ستانده، به نحوه ساخت جداول متقارن براساس انتخاب نوع فناوری (فناوری بخش و فناوری محصول) بستگی دارد. در دستورالعمل سازمان ملل متحد، اختیار انتخاب نوع فناوری به کشورها واگذار شده است. انتخاب نوع فناوری در ایران براساس قضاوت شخصی، نیاز نهاد آماری و اجتناب از تولید عناصر منفی انجام شده است (ابونوری و فرهادی، ۱۳۹۵).



قیمت ثابت تبدیل کردن، شاخص قیمت‌ها به گروه کالایی‌ها محدود هستند که با ابعاد جداول داده- ستانده تطابق ندارند، تجمیع در ۱۱ بخش انجام شده است) و سپس با روش تعدیل دوجندان به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ تبدیل شدند. بدیهی است که جداول داده- ستانده سال ۱۳۹۰ به قیمت جاری و ثابت یکسان هستند. همچنین، برای محاسبه جداول داده- ستانده به قیمت ثابت از جداول متعارف و برای تخمین اثر تغییرات فناوری بر اشتغال، از داده‌های اشتغال بخشی مرکز آمار ایران برای سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ استفاده شده است. گفتنی است، تجمیع بخش‌های جداول داده- ستانده در این مطالعه با تطابق شناسه‌های آیسیک<sup>۱</sup> (طبقه‌بندی استاندارد بین‌المللی همه فعالیت‌های اقتصادی) با طبقه‌بندی آمار اشتغال در سرشماری‌ها فراهم شده است.

با این شرایط، ۱۱ بخش در اینجا مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اطلاعات ارائه‌شده از سوی مرکز آمار ایران، یازده بخش عبارت‌اند از: ۱. کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری، ۲. معدن، ۳. صنعت، ۴. تأمین آب، برق و گاز طبیعی، ۵. ساختمان، ۶. عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران، ۷. حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات، ۸. واسطه‌گری‌های مالی، ۹. مستغلات، کرایه و خدمات کسب‌وکار، ۱۰. خدمات عمومی و اجتماعی و ۱۱. سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی. این تقسیم‌بندی به دلیل بیشترین اطلاعات موجود در دوره زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ بوده است. به این ترتیب، کل مشاهدات برای هر یک از متغیرها ۷۷ نمونه است که از حاصل ضرب تعداد بخش‌ها در طول دوره زمانی حاصل می‌شود. پس از تبدیل تمام داده‌ها از قیمت جاری به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰، الگو با داده‌های اشتغال برحسب فعالیت، مصرف C، سرمایه‌گذاری A، مخارج دولت G، صادرات X و فناوری T، برآورد شده است.

### یافته‌های تحقیق

همان‌طور که مطرح شد، برای محاسبه اثر تغییرات فناوری در طول سال‌های مورد بررسی، ابتدا لازم است که جداول داده- ستانده به قیمت ثابت محاسبه شوند. برای این منظور ضمن همگن‌سازی جداول، روش تعدیل دوجندان، مبنای محاسبه جداول در طول سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ قرار گرفته است. همچنین،

<sup>۱</sup>. ISIC



در این پژوهش به منظور هماهنگ کردن و منسجم کردن جداول و ایجاد بستری مناسب برای تحلیل، جداول داده- ستانده در ۱۱ بخش تجمیع شدند. هدف از پژوهش کنونی، این است که درجه اثرگذاری تغییرات فناوری هر بخش بر اشتغال محاسبه کنیم. این تحلیل به ما این امکان را می‌دهد که ضرایب مهم و بخش‌های اثرگذار از منظر فناوری در اقتصاد را شناسایی کنیم و در پی پاسخ به این پرسش هستیم که اگر یک بخش در اقتصاد تغییر کند، اثر تغییرات فناوری بر سایر بخش‌ها و اشتغال چگونه است؟ با توجه به جداول مورد استفاده، تغییرات فناوری به صورت ستونی و به اندازه درصد مشخص آلفا برابر ۵ درصد در تمامی بخش‌ها و در همه سال‌ها، محاسبه خواهد شد.

جدول ۱. اثرات تغییرات فناوری ستونی در سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵

عنوان بخش	سال	۱۳۶۵	۱۳۷۰	۱۳۷۵	۱۳۸۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
کشاورزی، شکار و جنگل‌داری	۱	۳۹.۰۲۵	۳۷.۸۸۳	۳۷.۶۰۳	۴۳.۳۳۱	۴۲.۸۳۶	۴۰.۴۷۶	۵۱.۷۰۴
ماهیگیری	۲	۳۱.۹۰۸	۳۶.۶۸۶	۴۷.۰۸۷	۴۵.۳۰۰	۴۲.۸۳۶	۴۱.۸۷۸	۷۲.۵۱۰
معادن	۳	۲۴.۱۶۷	۲۴.۴۹۴	۲۴.۳۳۷	۲۴.۶۱۵	۲۴.۵۱۵	۲۴.۹۶۴	۲۸.۹۲۱
صنعت	۴	۴۶.۰۵۵	۴۹.۷۸۴	۵۷.۹۲۶	۵۱.۹۸۱	۵۴.۱۱۱	۵۰.۹۴۳	۵۷.۲۰۰
تأمین آب، برق و گاز طبیعی	۵	۲۹.۵۶۰	۳۰.۹۸۴	۳۰.۸۳۲	۴۱.۹۷۸	۳۴.۱۹۲	۲۶.۶۳۴	۴۲.۳۷۵
ساختمان	۶	۴۱.۶۱۰	۴۱.۶۳۴	۵۴.۵۶۹	۴۸.۱۱۲	۵۴.۰۹۳	۴۹.۲۴۰	۵۸.۱۵۱
عمده‌فروشی، خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها	۷	۲۴.۹۲۰	۲۶.۸۱۲	۳۲.۸۵۵	۳۶.۵۴۱	۳۶.۰۸۲	۳۱.۸۷۰	۳۹.۶۲۱
هتل و رستوران	۸	۳۷.۹۶۰	۴۵.۶۲۶	۴۷.۸۸۸	۵۴.۲۵۶	۵۲.۶۸۷	۴۰.۹۹۱	۳۶.۰۰۲
حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	۹	۴۴.۲۷۳	۴۷.۳۳۸	۳۸.۳۹۶	۳۵.۰۶۶	۳۳.۹۷۳	۳۷.۵۲۹	۶۰.۷۷۰
واسطه‌گری‌های مالی	۱۰	۳۱.۷۶۶	۴۲.۴۹۴	۳۳.۰۷۵	۳۱.۰۲۱	۳۱.۵۱۱	۳۲.۱۸۸	۳۴.۶۸۸
مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار	۱۱	۲۷.۳۱۸	۲۹.۴۹۷	۲۸.۱۷۳	۳۰.۲۸۶	۳۰.۸۱۴	۲۹.۱۴۱	۳۰.۵۰۶
اداره امور عمومی، دفاع و تأمین اجتماعی	۱۲	۴۸.۰۳۲	۳۷.۵۰۸	۳۵.۸۹۵	۳۲.۱۰۲	۳۲.۰۰۱	۳۳.۰۸۳	۴۲.۷۰۳
آموزش	۱۳	۲۴.۰۶۱	۲۹.۷۷۶	۲۸.۳۱۱	۲۸.۲۰۶	۲۷.۵۰۰	۲۸.۶۵۲	۳۰.۳۹۶
بهداشت و مددکاری اجتماعی	۱۴	۲۶.۲۳۱	۳۱.۹۱۶	۳۱.۴۹۷	۲۹.۲۴۸	۲۸.۸۷۹	۳۰.۱۱۳	۵۳.۰۱۶
سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی	۱۵	۳۳.۰۲۰	۴۱.۹۸۶	۲۸.۷۷۴	۳۶.۵۵۵	۳۵.۵۱۳	۳۳.۰۴۳	۲۹.۵۶۸

منبع: محاسبات پژوهش





طی سال‌های میانی دهه شصت، آثار جنگ ایران و عراق در تمام شئون کشور و در حوزه‌های مختلف بیش‌ازپیش مشهود بود. با طولانی‌شدن جنگ تحمیلی و بررسی آثار آن بر شاخص‌های مهم و کلیدی کشور همچون درآمد سرانه ملی، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی، بیکاری و فرسودگی تأسیسات سرمایه‌ای مانند ماشین‌آلات، پل‌ها، راه‌ها و غیره و همچنین کاهش قیمت نفت، لزوم توجه بیش‌ازپیش (به نسبت سال‌های ابتدای جنگ) به اداره امور عمومی، دفاع و تأمین اجتماعی احساس می‌شد. این ضرورت موجب تجدیدنظر در اولویت‌بندی‌ها و سیاست‌های کلی اقتصادی کشور شد. بنابراین در سال ۱۳۶۵، با توجه به شرایط اقتصادی، سیاسی و اجتماعی آن سال، کاملاً منطقی به نظر می‌رسد که میدان اثرگذاری این بخش نسبت به سایر بخش‌ها، بیشتر باشد.

در سال ۱۳۷۰، با تغییر فناوری بخش صنعت، سایر بخش‌ها به میزان ۴۹.۷۸ واحد تغییر می‌کنند و تغییرات فناوری این بخش، بیشترین میزان اثر را بر سایر بخش‌های اقتصادی دارد. پس از آن بخش حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات به میزان ۴۷.۳۳ واحد و سپس بخش هتل و رستوران به میزان ۴۵.۶۲ واحد از این تغییرات تأثیر می‌گیرند و همان‌طور که گفته شد، تغییرات فناوری بخش معدن، کمترین میزان اثر را بر سایر بخش‌ها داشته است. همچنین، در سال ۱۳۷۵، تغییرات فناوری بخش صنعت با عدد ۵۷.۹۵ واحد، بیشترین میزان اثرگذاری و پس از آن بخش ساختمان با عدد ۵۴.۵۶ واحد و بخش هتل و رستوران با عدد ۴۷.۸۸ واحد رتبه دوم و سوم را به خود اختصاص داده‌اند.

بنابراین، نتایج دهه ۷۰، تصویر متفاوتی از نتایج پیش از دهه ۷۰ به‌دست می‌دهد. علت آن است که با پایان یافتن جنگ و در ابتدای دهه هفتاد، ایران از نظر توسعه صنعتی وارد مرحله جدیدی شد که از آن به‌عنوان مرحله ساختارسازی فیزیکی یاد می‌شود. بنابراین طبیعی است که طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰، میدان اثرگذاری تغییرات فناوری از بخش اداره امور عمومی، دفاع و تأمین اجتماعی در سال ۱۳۶۵، به بخش صنعت در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۵ انتقال یابد. با توجه به فضای متشنج بین‌المللی و غیرآآماده داخلی برای توسعه صنعتی طی دوران جنگ، در دهه هفتاد بازسازی بروکراتیک در دستور کار قرار گرفت. در چنین شرایطی به‌منظور رفع مشکلات پدید آمده از ساختار اقتصاد ملی، تنظیم و اجرای برنامه‌های پنج‌ساله پس از انقلاب به شکل



برنامه‌های توسعه‌ای آغاز شد. ضمن اینکه پایان جنگ و برقراری امنیت، تأثیر بسیاری در اقبال به سرمایه‌گذاری بیشتر در حوزه‌های مختلف صنعتی برای جبران عقب‌ماندگی‌ها در دوران جنگ داشت. همچنین، در این سال‌ها، بخش هتل و رستوران رتبه سوم را داشتند و از سال ۱۳۷۵ به بعد، بخش ساختمان در همه سال‌ها، رتبه دوم یا سوم را به خود اختصاص داده که در سال‌های سازندگی پس از جنگ، کاملاً منطقی است.

در سال ۱۳۸۰، میزان اثرگذاری تغییرات فناوری یکسان بر بخش هتل و رستوران در سایر بخش‌ها ۵۴.۲۵ واحد، بخش صنعت، ۵۱.۹۸ واحد و بخش ساختمان ۴۸.۱۱ واحد بوده است و این سه بخش به ترتیب بخش‌های اثرگذار در نظر گرفته می‌شوند. در اوایل دهه ۸۰، سرمایه‌گذاری در توسعه و بازسازی مراکز گردشگری سرعت گرفت. در برنامه سوم توسعه (۱۳۸۳-۱۳۷۹) اهداف و سیاست‌های همه‌جانبه‌ای به‌منظور توسعه صنعت توریسم در ایران اجرا شد. برای نمونه، سازمان میراث فرهنگی و گردشگری، به‌منظور ایجاد هماهنگی بیشتر، توسعه وظایف فرابخشی، افزایش بهره‌وری و ایجاد بستر مناسب اقتصادی برای توسعه فعالیت‌های میراث فرهنگی و مشارکت بخش‌های خصوصی و تعاونی فعالیت‌های بسیاری انجام داد. بنابراین، در این سال‌ها، فعالیت‌ها در عرصه گردشگری (هتل، رستوران، اماکن و مراکز تفریحی و گردشگری و ...) سرعت گرفت. در سال ۱۳۸۵، تغییرات فناوری در بخش‌های صنعت و ساختمان با اختلاف بسیار جزئی به‌ترتیب به میزان ۵۴.۱۱ و ۵۴.۰۹ واحد بوده و سومین بخش اثرگذار بخش هتل و رستوران با عدد ۵۲.۶۸ واحد بوده است.

در سال ۱۳۹۰، بیشترین میزان تأثیرگذاری تغییرات فناوری مربوط به بخش صنعت با عدد ۵۰.۹۴ و پس از آن بخش ساختمان با عدد ۴۹.۲۴ واحد بوده است. سومین بخش اثرگذار، بخش ماهیگیری با عدد ۴۱.۸۷ واحد اندازه‌گیری شده است. در سال‌های ابتدایی دهه ۸۰ و تا پیش از آغاز تحریم‌های همه‌جانبه، با تنظیم و اجرای سیاست‌های معطوف به نقدینگی بخش‌های تولیدی و به‌ویژه بخش خصوصی و ادامه روند جهت‌گیری سیاست‌های کلان اقتصادی با هدف رشد تولید و اشتغال، شاهد رشد اقتصادی بیشتر در بخش صنعت و ساختمان بودیم.



درنهایت، در سال ۱۳۹۵، تغییرات فناوری یکسان، در بخش ماهیگیری با عدد ۷۲.۵۱ واحد، بیشترین اثر را بر سایر بخش‌ها داشته و پس از آن بخش حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات، با عدد ۶۰.۷۷ و بخش ساختمان با عدد ۵۸.۱۵ واحد رتبه دوم و سوم را در این سال به خود اختصاص داده‌اند. طی سال‌های منتهی به ۱۳۹۵، با سیاست‌هایی نظیر توسعه صید در آب‌های فراسرزیمینی، توسعه بنادر صیادی، نظام‌مند کردن فعالیت‌های صدور مجوز صید، تغییر و بهینه‌سازی روش‌های صید غیرمخرب، توسعه پرورش میگو، ماهیان خاویاری و پرورش ماهی در دریا (قفس) و همچنین معرفی گونه‌های سریع‌الرشد به نظام آبی‌پروری کشور، در کنار رشد سرانه داخلی مصرف پروتئین دریایی و افزایش قیمت ارز و افزایش درآمدهای صادراتی این بخش، موجب رونق این صنعت و تحقق بخش چشمگیری از اهداف برنامه‌های توسعه در حوزه ماهیگیری شد.

در هر سال، سه بخشی که بیشترین اهمیت را از منظر تغییرات فناوری دارند و یک بخش که کمترین اهمیت را دارد، مشخص شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بخش صنعت در سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ بیشترین اهمیت را دارد و تغییرات فناوری این بخش، به‌طور میانگین بیشترین میدان اثرگذاری را بر سایر بخش‌ها دارد. پس از بخش صنعت، بخش ساختمان به‌طور میانگین بیشترین اهمیت را در بین سایر بخش‌ها خواهد داشت. همچنین، بخش معدن در تمامی سال‌ها، کمترین میزان اهمیت را داراست و همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، تغییرات فناوری در این بخش، کمترین اثر را بر سایر بخش‌ها خواهد گذاشت. پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط، به‌دلیل اینکه داده‌ها به صورت بازه زمانی (۱۳۶۵-۱۳۹۵) بوده، باید از پایایی و ناپایایی آنها مطمئن بود تا دچار رگرسیون کاذب نشویم. نتایج این آزمون‌ها در ادامه و برای هر گروه به‌طور جداگانه، بررسی شده است.

متغیر وابسته که در این الگو نشان‌دهنده اشتغال بخشی است، تابعی است از متغیرهای توضیحی که عبارت‌اند از: مصرف، سرمایه‌گذاری، مخارج دولت، صادرات و فناوری. با توجه به اینکه تغییرات اشتغال طی دوره زمانی بلندمدت قابل‌مشاهده است، بنابراین برای تخمین الگوی یادشده، دوره زمانی ۱۳۶۵-۱۳۹۵ در نظر گرفته شده و بخش‌های مورد بررسی ۱۱ بخش زیر است: ۱. کشاورزی، شکار و جنگلداری و ماهیگیری، ۲. معدن، ۳. صنعت، ۴. تأمین آب، برق و گاز طبیعی، ۵. ساختمان، ۶. عمده‌فروشی،

خرده‌فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاهای هتل و رستوران، حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات، ۸. واسطه‌گری‌های مالی، ۹. مستغلات، کرایه و خدمات کسب‌وکار، ۱۰. خدمات عمومی و اجتماعی، ۱۱. سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی. در ادامه به صورت مجزا، پایایی متغیرهای وابسته و مستقل براساس آزمون‌های هدری<sup>۱</sup>، لوین، لین و چو<sup>۲</sup> و فیلیپس پرون<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول ۲. پایایی و ناپایایی متغیرها براساس سه آزمون مختلف

اشتغال	مصرف	مخارج دولت	سرمایه‌گذاری	صادرات	تکنولوژی		
-۶.۷۷۷۲	-۲.۰۸۳۳	-۴.۳۳۱۶	-۰.۸۹۸۵	-۷.۰۸۰۲	-۶.۲۴۴	آماره t	با عرض از مبدأ
۰	۰.۰۱۸۷	۰	۰.۱۸۴۵	۰	۰	پروب <sup>۴</sup>	
*	*	*	*	*	*	آماره t	با عرض از مبدأ و روند
*	*	*	*	*	*	پروب	
-۱.۰۲۲۸	۰.۷۸۸۳۳	-۱.۵۵۱۱	-۰.۳۵۳۶	-۳.۲۲۲۱	۱.۱۸۶۹۱	آماره t	هیچ کدام
-۰.۱۵۳	۰.۷۸۴۸	۰.۰۶۰۴	۰.۳۶۱۸	۰.۰۰۰۶	۰.۸۸۲۴	پروب	
۶.۳۴۵۸۶	۱۳.۵۱۸۱	۴۳.۳۸۴	-۲.۲۴۵۳	۳۱.۰۵۵۴	۳۱.۳۸۱	آماره t	با عرض از مبدأ
۰.۹۹۵۶	۰.۹۴۵۷	۰.۰۰۵۶	۰.۰۱۲۴	۰.۰۹۵	۰.۰۸۸۶	پروب	
۲۴.۷۹۸ ۴	۲۴.۵۸۸۹	۴۳.۰۸۳۳	۵۳.۹۷۳	۳۳.۳۵۵۷	۳۸.۶۶۴۲	آماره t	با عرض از مبدأ و روند
۰.۳۰۶۸	۰.۳۱۷۱	۰.۰۰۴۶	۰.۰۰۰۲	۰.۰۵۷	۰.۰۱۵۴	پروب	
۵.۳۰۳۶۲	۱۷.۶۴۱۳	۴۸.۹۰۴۲	۴۴.۲۰۶۴	۴۵.۸۵۰۹	۴.۱۷۱۰۵	آماره t	هیچ کدام
۰.۹۹۹۹	۰.۷۲۷	۰.۰۰۰۸	۰.۰۰۳۳	۰.۰۰۲۱	۱	پروب	
۵.۹۲۹۳ ۹	۴.۷۳۶۲۲	۳.۵۴۹۰۹	۴.۰۶۲۱	۴.۱۷۳۵۱	۳.۲۴۹۷۸	آماره t	با عرض از مبدأ
۰	۰	۰.۰۰۰۲	۰	۰	۰.۰۰۰۶	پروب	
۲۹.۷۷۷ ۲	۲۸.۹۹۱۲	۳۰.۰۱۹۲	۲۷.۵۹۸۸	۳۰.۶۱۵۳	۹.۵۲۷۰۹	آماره t	با عرض از مبدأ و روند
۰	۰	۰	۰	۰	۰	پروب	
*	*	*	*	*	*	آماره t	هیچ کدام
*	*	*	*	*	*	پروب	

منبع: محاسبات پژوهش

همان‌طور که مشخص است، براساس آزمون هدری، تمام متغیرها مانا هستند. با آزمون لوین، لین و چو نیز تمام متغیرها به‌جز متغیر سرمایه‌گذاری مانا هستند. متغیر سرمایه‌گذاری نیز با این روش در تفاضل مرتبه اول ماناست. بنابراین، این جدول نشان

<sup>1</sup> H  
<sup>2</sup> LLC  
<sup>3</sup> PP  
<sup>4</sup> prob



می دهد که متغیرها در مرحله اول برای برآورد الگو، مناسب هستند. الگوی تعریفی به شرح زیر طراحی شده است:

$$E_{it} = \beta_0 + \beta_{it} * C_{it} + \beta_{it} * G_{it} + \beta_{it} * I_{it} + \beta_{it} * X_{it} + \beta_{it} * T_{it} + U_{it} \quad (10)$$

از آنجایی که امکان دارد اثر وارد نشده‌ای، نتایج را دستخوش تغییر کند، جمله خطا را نیز به الگو اضافه می‌کنیم. این متغیر نیز می‌تواند تا حدی تأثیر رانت‌جویی و تأثیر عواملی همچون جنگ، مذهب، امنیت و ... را که در الگو در نظر نگرفته‌ایم، نمایان سازد. به این متغیر، ارقام یک در صورت وجود و صفر در صورت عدم وجود، داده می‌شود.

برای برآورد الگو، در ابتدا الگو را با روش پولد<sup>۱</sup> تخمین می‌زنیم. با توجه به اینکه آزمون آماره f در ناحیه رد  $H_0$  قرار می‌گیرد، بنابراین باید از روش اثرات ثابت<sup>۲</sup> یا اثرات تصافی<sup>۳</sup> استفاده کنیم. از آنجایی که نتایج آزمون هاسمن نیز مبنی بر رد شدن فرضیه بود، بنابراین روش انتخابی برای تخمین الگو، روش اثرات ثابت بوده و الگو به صورت GLS برآورد خواهد شد.

جدول ۳. آزمون داده‌های تابلویی در برابر داده‌های ترکیبی

تست اثرات	آماره	درجه آزادی	پروب
آزمون اف	36.144248	(10,55)	0.0000
آزمون کای دو	155.879968	10	0.0000

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۴. آزمون اثرات تصادفی در برابر اثرات ثابت

خلاصه	آماره	درجه آزادی	پروب
اثرات تصادفی	15.568595	10	0.0038

منبع: محاسبات پژوهش

جداول پیش‌گفته، نتایج آزمون آماره f و آزمون هاسمن را نشان می‌دهند. اکنون براساس آماره f و آزمون هاسمن که دال بر استفاده از روش اثرات ثابت در تخمین الگو بودند، نتایج برآورد الگو به صورت زیر ارائه می‌شود:

1. Pooled  
2. Fixed Effect  
3. Random Effect



جدول ۵. تخمین تابع تقاضای اشتغال در ۱۱ بخش اقتصادی

پروب	آماره t	خطای استاندارد	ضرایب	متغیر	بخش‌ها	
۰.۰۰۰۶	5.162171	95.81817	494.6298	عرض از مبدا	بخش‌ها	
۰	7.673563	1.010908	7.757267	مصرف	کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری	
۰.۰۰۰۶	-4.7527	2.030691	-9.65126		معادن	
۰.۰۰۰۴	-0.38001	2.375906	-0.90286		صنعت	
۰.۴۱۴۴	0.832683	4.519356	3.763191		تأمین آب، برق و گاز طبیعی	
۰	-4.55949	3.03378	-13.8325		ساختمان	
۰.۰۰۰۱	4.755999	1.688722	8.03156		عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران	
۰	11.55911	1.192759	13.78723		حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	
۰.۳۷۲۳	0.911645	3.718216	3.389693		واسطه‌گری‌های مالی	
۰.۰۰۹۹	-3.25673	0.020982	-0.06833		مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار	
۰.۰۰۰۱	-4.7527	2.030691	-9.65126		خدمات عمومی و اجتماعی	
۰.۰۰۳۳	-3.30795	3.331801	-11.0214		سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی	
۰.۰۰۰۱	4.947882	9.553946	47.2718		مخارج دولت	کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری
۰.۰۰۲۸	1.086484	4.3136	4.686657			معادن
۰.۰۱۰۴	-1.69462	2.980879	-5.05147			صنعت
۰	8.824158	3.958065	34.92659			تأمین آب، برق و گاز طبیعی
۰	1.87887	21.22686	39.88251			ساختمان
۰	7.824158	2.958065	23.14437			عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران
۰.۰۰۰۴	4.245411	8.80744	37.3912			حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات
۰.۰۰۱۳	3.297341	4.331117	14.28117			واسطه‌گری‌های مالی
۰.۱۶۵۵	-1.43666	3.745263	-5.38067	مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار		
۰	13.96746	0.424603	5.930625	خدمات عمومی و اجتماعی		
۰.۰۰۰۱	4.825199	1.628122	7.856013	سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی		
۰	-6.38001	2.375906	-15.1583	سرمایه‌گذاری		کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری
۰.۳۰۸۱	-1.04446	6.69206	-6.98961			معادن



متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	پروپ
صنعت	-15.1583	2.375906	-6.38001	۰
تأمین آب، برق و گاز طبیعی	-6.98961	6.69206	-1.04446	۰.۳۰۸۱
ساختمان	2.270049	0.312168	7.271881	۰
عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران	-5.0525	3.277539	-1.54155	۰.۰۱۳۸
حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	-18.1677	1.954919	-9.29332	۰
واسطه‌گری‌های مالی	-7.65608	10.09481	-0.75842	۰.۴۵۶۶
مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار	2.491397	1.227648	2.029407	۰.۰۵۵۳
خدمات عمومی و اجتماعی	-19.5688	4.693645	-4.16921	۰.۰۰۰۴
سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی	-16.1729	4.374187	-3.69734	۰.۰۰۱۳
کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری	-33.9984	8.099429	-4.19763	0.0004
معادن	-0.27233	0.08069	-3.37501	0.0082
صنعت	1.224336	0.946709	1.293255	0.0021
تأمین آب، برق و گاز طبیعی	4.454827	1.731076	2.573444	0.00572
ساختمان	32.73019	6.79096	4.819671	0.0001
عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران	-10.7352	2.564311	-4.18638	0.0004
حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	-17.9678	5.326314	-3.3734	0.0029
واسطه‌گری‌های مالی	-5.22514	1.90942	-2.73651	0.04696
مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار	-5.83369	3.301665	-1.76689	0.0918
خدمات عمومی و اجتماعی	43.75605	5.456057	8.01972	0
سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی	-29.6984	8.112812	-3.66069	0.0015
کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری	-6.9702802	1.985827	-5.32969	0.0002
معادن	7.4058814	3.630475	2.439887	0.033
صنعت	11.814741	5.140804	2.453248	0.0321
تأمین آب، برق و گاز طبیعی	4.0426299	1.754357	2.380071	0.03904
ساختمان	10.100808	1.355296	7.381548	0



متغیر	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	پروب
عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران	5.147407	1.616521	3.18425	0.0087
حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات	10.525483	3.206067	3.583687	0.0032
واسطه‌گری‌های مالی	-7.4113258	3.120348	-2.37516	0.0414
مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار	-20.059403	12.71673	-2.26259	0.0477
خدمات عمومی و اجتماعی	8.7990161	3.500374	2.513736	0.0288
سایر خدمات عمومی، اجتماعی، شخصی و خانگی	7.4729207	3.04103	2.457365	0.0318
ضریب تعیین	0.984836			
دوربین واتسون	2.306688			
پروب	0			
آماره F	89.79181			

منبع: محاسبات تحقیق

لازم است به این نکته اشاره شود که چون هم‌خطی مشکل همیشگی مطالعات اقتصادی است و از طبیعت و ماهیت متغیرهای اقتصادی به ویژه متغیرهای کلان سرچشمه می‌گیرد، لذا در تخمین الگو به ناچار و به منظور افزایش معنی‌داری عوامل اثرگذار بر متغیر وابسته (اشتغال)، کلیه پارامترهای معرفی شده در همه مدل‌های عنوان‌شده در تابع تقاضای اشتغال لحاظ نشدند. بدین معنی که مدل اولیه دربرگیرنده تمام متغیرهای توضیحی بوده که بر اساس مبانی نظری به دست آمده است، در مراحل بعدی به صورت نظری مغایرت داشته‌اند از مدل حذف و نهایتاً از بین مدل‌ها بهترین مدل حاصل شده است. باید متذکر شویم که برای بر طرف کردن واریانس ناهمسانی مدل از روش GLS برای تخمین مدل‌ها استفاده شده است که در ادامه به بررسی نتایج آن می‌پردازیم. نتایج برآورد تابع تقاضای اشتغال با استفاده از رویکرد اثرات ثابت و به کارگیری روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته GLS در جدول شماره ۱۱ نشان می‌دهد که ضرایب متغیر اشتغال نسبت به پارامترهای مدل، از ۵۵ مشاهده به دست آمده در ۷ مشاهده معنادار نبودند. این بخش‌ها شامل سرمایه‌گذاری در بخش آب و برق و گاز و معادن، سرمایه‌گذاری، صادرات و مخارج دولت در بخش مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار





و مصرف و سرمایه‌گذاری در بخش واسطه‌گری‌های مالی بوده است. سایر ضرایب از لحاظ آماری معنی‌دار و علائم آنها تا حد زیادی مطابق انتظار است.

ضریب متغیر مصرف در تمام بخش‌ها به‌جز بخش کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری، عمده فروشی، خرده فروشی، تعمیر وسایل نقلیه و کالاها و هتل و رستوران و حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات، منفی و معنادار است. این نتایج گویای این واقعیت است که اشتغال در این بخش‌ها با متغیر مصرف رابطه مثبت و در سایر بخش‌ها رابطه منفی دارد. افزایش مصرف در این بخش‌ها باعث افزایش تولید و در نتیجه افزایش اشتغال خواهد بود. به عنوان مثال اگر مصرف بخش کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری یک واحد یعنی یک میلیارد ریال افزایش یابد، اشتغال آن بخش به میزان ۷ واحد (نفر- شغل) افزایش می‌یابد. به همین ترتیب اگر مصرف بخش خدمات عمومی و اجتماعی یک واحد افزایش یابد اشتغال در آن بخش ۹ واحد کاهش می‌یابد.

ضریب اشتغال نسبت به متغیر مخارج دولت در تمام بخش‌ها به‌جز بخش صنعت مثبت و معنادار است. یعنی افزایش مخارج دولت در این بخش‌ها منجر به افزایش اشتغال خواهد شد و در بخش صنعت که ضرایب متغیرها منفی است اثر عکس خواهد گذاشت. به عبارت دیگر افزایش یک میلیارد ریال مخارج دولت در بخش صنعت منجر به کاهش ۵ نفر اشتغال در این بخش خواهد شد.

ضریب اشتغال نسبت به متغیر سرمایه‌گذاری در تمام بخش‌ها به‌جز بخش ساختمان منفی و معنادار است. یعنی افزایش سرمایه در بخش ساختمان اثر مثبت بر اشتغال خواهد گذاشت و سایر بخش‌ها اثر منفی بر اشتغال دارند. همچنین، ضریب اشتغال نسبت متغیر صادرات در بخش‌های صنعت، تأمین آب، برق و گاز طبیعی، ساختمان و خدمات عمومی و اجتماعی مثبت و در سایر بخش‌ها منفی و معنادار است. نتایج بررسی نیشمارو و دیگران (۲۰۰۲) حاکی از سه واقعیت مهم است. اول اینکه سرمایه یک جانشین مهم و معنی‌دار برای نیروی کار جوان با سطح آموزش پایین است. دوم سرمایه ارتباط مکملی با نیروی کار با سطح آموزش بالا در تعدادی از صنایع دارد و در آخر اینکه نیروی کار با سطح آموزش بالا و سطح آموزش پایین با هم رابطه جانشینی دارند. مهمترین بخش تحلیلی این رساله مربوط به ضرایب اشتغال نسبت به متغیر تغییرات تکنولوژی در بخش‌های مورد بررسی است. بر اساس مطالعات معمول، رشد تکنولوژی



نیاز به نیروی کار را کاهش می‌دهد، چون انتظار می‌رود تکنولوژی ترکیب و محتوای نیروی کار را در فرآیند تولید تغییر داده و از طریق اثرگذاری بر سطح مهارت‌ها و دستمزد در ایجاد یا حذف فرصت‌های شغلی نقش داشته باشد. تکنولوژی جدید می‌تواند از طریق تغییر در فرآیندهای تولید نیاز به نیروی کار را کاهش دهد و بر اشتغال نیروی انسانی تأثیر بگذارد (جهانگرد، ۱۳۸۵). یافته‌های این رساله نشان می‌دهد اگرچه که به طور میانگین رابطه مثبت و معناداری بین تغییرات تکنولوژی و اشتغال وجود دارد اما، بررسی‌های بخش به بخش نشان می‌دهد که در برخی بخش‌ها بین اشتغال و تغییرات تکنولوژی رابطه مثبت و معنی‌دار و در برخی بخش‌ها رابطه معکوس وجود دارد. به‌عنوان مثال، با افزایش یک میلیارد ریال تکنولوژی در بخش کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری به طور تقریبی اشتغال به میزان ۷ نفر کاهش پیدا می‌کند. همانطور که در بخش‌های قبل مطرح شد، تحلیل‌ها بر اساس دو نظریه جبران و جایگزینی معنا پیدا می‌کند.

ضریب اشتغال نسبت به تغییرات تکنولوژی بخش‌های کشاورزی، شکار، جنگلداری و ماهیگیری، واسطه‌گری‌های مالی، مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار منفی و در سایر بخش‌ها مثبت و معنادار است. ضرایب مثبت بر اساس نظریه جبران و ضرایب منفی بر اساس نظریه جایگزینی قابل تحلیل هستند. نظریه جبران به خلق شغل از طریق ایجاد محصول جدید، هزینه پایین‌تر تولید و مصرف بالاتر محصول و نظریه جایگزینی به بیکاری و جایگزینی تکنولوژی و هوش مصنوعی به جای نیروی انسانی شاغل اشاره داشت.

بر اساس این دو نظریه، ضریب مثبت به این معنی است که با پیشرفت تکنولوژی، سهم اشتغال نیروی کار متخصص افزایش می‌یابد. منظور از نیروی کار متخصص شاغلان دارای تحصیلات عالی و نیروی کار غیر ماهر شاغلان با تحصیلات کمتر از دیپلم است که اعداد عملکردی کشور نیز این نکته را تایید می‌کنند. در کشور روند ایجاد فرصت‌های شغلی برای نیروی کار ماهر و نیروی کار غیر ماهر به گونه‌ای بوده که بر سهم اشتغال نیروی کار ماهر افزوده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، سهم اشتغال نیروی کار ماهر از کل اشتغال طی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۸۰، به طور پیوسته روندی صعودی داشته و از ۵۹/۶۳ درصد در سال ۱۳۶۵ به ۸۲/۳۷ درصد در سال



۱۳۸۰ رسیده است. سهم اشتغال نیروی کار غیرماهر از ۴۰/۳۲ درصد در سال ۱۳۶۵ به ۱۷/۶۰ درصد در سال ۱۳۸۰ رسیده است (جهانگرد، ۱۳۹۲).

تعداد شاغلان با سواد در سال ۱۳۸۰ نسبت به سال ۱۳۶۵ حدود ۱/۳۸ برابر، ولی تعداد شاغلان بی‌سواد کاهش یافته است به طوری که نسبت آن به ۰/۴ می‌رسد. از طرف دیگر، بیشترین افزایش در تعداد شاغلان مربوط به دارندگان تحصیلات عالی تقریباً سه برابر شده است. ترکیب شاغلان بر حسب سواد نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۵ تقریباً ۶۰ درصد شاغلان باسواد و ۴۰ درصد بی‌سواد بوده‌اند که این ترکیب در سال ۱۳۸۰ به ۸۲ و ۱۷ درصد رسیده است؛ به عبارت دیگر، سهم شاغلان باسواد ۱/۳۸ برابر و سهم شاغلان بی‌سواد تقریباً نصف شده است. در سال ۱۳۶۵، سهم نیروی کار شاغل با تحصیلات عالی ۴/۵ درصد بوده است که در سال ۱۳۸۰ به ۱۳/۰۲ رسیده که بدین ترتیب، سهم این گروه بیش از ۲/۵ برابر شده است (جهانگرد، ۱۳۹۲).

این نتایج نشان می‌دهد که تکنولوژی، طبق نظریه جبران متغیر جانشین نیروی کار غیرماهر و متغیر مکمل نیروی کار ماهر است. بنابراین، ارتقای تکنولوژی در برخی بخش‌ها (که ضریب اشتغال منفی است) منجر به افزایش تقاضای نیروی کار ماهر و کاهش تقاضا برای نیروی کار غیرماهر می‌شود. بررسی تأثیر تغییرات تکنولوژی بخشی بر اشتغال در کشور ما موضوعی نو شمرده می‌شود. در چند پژوهش انجام شده برای بررسی اثر تکنولوژی بر اشتغال نشان داده شده است که تکنولوژی به طور کلی بر اشتغال تأثیر مثبت و معنا داری دارد. به عنوان نمونه، جهانگرد (۱۳۹۲) با استفاده از جداول داده- ستانده ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ نشان داد که ضرایب متغیر اشتغال نسبت به پارامترهای تکنولوژی مثبت و معنی دار است.

وحیدی (۱۳۸۰) نیز در مقاله خود بیان می‌کند که پیشرفت تکنولوژی پیرو قانون بازدهی کاهنده نیست و با انتقال تابع تولید می‌تواند رشد تولید و اشتغال و از این طریق کاهش بیکاری را در پی داشته باشد. از طرفی موريسن و روزنبلم (۱۹۹۲) و نیکل و کونگ (۱۹۸۷) در پژوهش‌های خود نشان می‌دهند که رابطه مثبت و معناداری بین اشتغال و استفاده از تکنولوژی سطح بالادست وجود دارد. بر خلاف تحقیقات محدود بخشی، طیف گسترده‌ای از مطالعات در سطح بنگاه صورت گرفته است. در این زمینه

میلوارد و اسوالد (۱۹۹۱) نشان داده‌اند که در بنگاه‌های انگلستان گسترش تکنولوژی بر رشد اشتغال تأثیر مثبت و معناداری داشته است.

یکی دیگر از فرضیه‌های پژوهش این بود که تغییرات تکنولوژی بخش‌های اولویت‌دار بر اساس روش میدان اثرگذاری در دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ بیشترین اثر را بر اشتغال دارند. همانطور که نشان داده شد، بخش‌های اولویت‌دار از روش میدان اثرگذاری به‌طور میانگین بخش‌های صنعت و ساختمان بودند. بررسی ضرایب بخشی اشتغال نشان می‌دهد که بر خلاف فرضیه تغییرات تکنولوژی بخش مستغلات، کرایه و خدمات کسب و کار بیشترین میزان اثرگذاری بر اشتغال را دارد و پس از آن مطابق با فرضیه تحقیق، تغییرات تکنولوژی بخش صنعت بیشترین اثرگذاری و پس از آن، بخش‌های حمل و نقل، انبارداری و ارتباطات و بخش ساختمان در اولویت سوم قرار دارند.

ضریب تعیین مدل رقم ۰/۹۷ و رقم بسیار مناسبی است و نشان دهنده این است که ۹۸ درصد تغییرات اشتغال به وسیله این متغیرها در قالب این مدل خاص توضیح داده می‌شود و مدل توضیح‌دهندگی خوبی دارد. همچنین، دوربین واتسون نزدیک به ۲ بوده و بر عدم وجود خودهمبستگی تأکید دارد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهاد

از جمله عوامل مهمی که می‌تواند بر اشتغال تأثیرگذار باشد، میزان تغییرات فناوری در بخش‌های اولویت‌دار اقتصاد است. تغییرات فناوری یکی از عوامل مهم شکل‌دهنده تغییرات ساختاری به‌شمار می‌رود. یکی از وجوه تغییرات فناوری مرتبط با مطالعات بخشی، تنیدگی واسطه‌ای است که در مبادلات واسطه‌ای بین‌بخشی ریشه دارد و منشأ آن تغییر در ماتریس ضرایب فنی و ماتریس معکوس لئونتیف در الگوی تقاضامحور داده-ستانده است. تحلیل‌های مربوط به تغییرات فناوری، امکان توسعه چشم‌اندازهای بلندمدت و طبقه‌بندی تغییرات بخش به بخش را فراهم می‌کند. به‌علاوه، می‌توان با استفاده از رویکرد این مطالعه، توسعه‌هایی را برای تحلیل نظام‌های حسابداری اجتماعی نیز ایجاد کرد. همان‌طور که مطرح شد، یکی از انتقادات عمده به الگوهای داده-ستانده، عدم توانایی این الگو در سنجش اثرات تغییرات فناوری، ناشی از نوآوری‌های جدید بوده است. بر این اساس در این مقاله، ابتدا نشان دادیم که چگونه به‌کارگیری روش میدان



اثرگذاری، می‌تواند برای اندازه‌گیری این منظور استفاده شود. بنابراین، در بخش اول جداول داده- ستانده به قیمت ثابت محاسبه و همگن‌سازی جداول براساس فروض فناوری یکسان انجام شد و سپس محاسبه میدان اثرگذاری تغییرات فناوری با استفاده از این جداول انجام شدت و در بخش دوم، تأثیر تغییرات فناوری بخش‌های اولویت‌دار بر اشتغال بخش‌ها در ایران با استفاده از روش ترکیبی داده- ستانده و اقتصادسنجی بررسی شد.

روشی که در اینجا نشان داده شده است، ظرفیت کاوش بسیار غنی‌تر از ساختار تغییرات فناوری سنتی را فراهم می‌کند. پیوند دادن مؤلفه‌های تغییر فناوری با مفهوم «میدان اثرگذاری» به تحلیل‌گر این توانایی را می‌دهد که تغییرات را به شیوه‌ای نظام‌مندتر و جامع‌تر ردیابی کند.

پس از تعیین بخش‌های اولویت‌دار با این روش، پرسش اصلی این است: تغییرات فناوری کدام یک از بخش‌های اولویت‌دار در دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۵، بیشترین تأثیر را بر اشتغال دارد؟ هدف این مقاله، استفاده از یک روش است که بتواند به صورت کلی میزان اثرپذیری اشتغال بخش‌ها را نسبت به انواع تغییرات یعنی- یک درایه، تمام درایه‌ها، یک سطر، یک ستون- اندازه‌گیری کند و میزان اهمیت بخش‌های مختلف را با استفاده از الگوی ترکیبی داده- ستانده + اقتصادسنجی بسنجد و بتواند چشم‌اندازی برای تأثیر تغییرات فناورانه در کل نظام اقتصادی ایران ارائه دهد. به عبارت دیگر، با استفاده از مفهوم میدان اثرگذاری، اثرات تغییرات بر پیوندهای بین‌بخشی بررسی و بازخورد یا اثر تغییرات فناورانه در هر بخش اندازه‌گیری می‌شود. این مفهوم تا حد زیادی مستقل از نوع تغییر ضرایب است و هدف آن تهیه روشی است که به‌طور کلی بتواند تغییرات یک درایه، تمام درایه‌ها یا تغییرات سطری و ستونی را پوشش دهد. این تحلیل به ما این امکان را می‌دهد که ضرایب مهم و بخش‌های اثرگذار از منظر فناوری در اقتصاد را شناسایی کنیم.



برای این منظور، از جداول متعارف داده- ستانده ایران برای دوره زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ و داده‌های اشتغال بخشی مرکز آمار ایران استفاده شده و تأثیر تغییرات فناوری برای هر بخش با استفاده از رویکرد میدان اثرگذاری ستونی اندازه‌گیری شده است. این جداول ابتدا با روش تعدیل دوچندان به قیمت ثابت تبدیل و سپس در ۱۵ بخش جمع شدند. سایر جداول تهیه‌شده توسط مراکز دیگر از این هماهنگی برخوردار نیستند. اگرچه که این جداول نیز به لحاظ روش محاسبه و طبقه‌بندی، غیرهمگن بودند و برای تبدیل آنها به قیمت ثابت، ابتدا فرایند همگن‌سازی انجام شد. همچنین، الگوی تقاضای نیروی کار با روش اثرات ثابت و در قالب داده‌های تابلویی الگوسازی شده است.

همان‌طور که گفته شد، روش میدان اثرگذاری، برای تخمین و ارزیابی جداول داده- ستانده، بررسی اثرات تغییرات ضرایب فناوری به‌عنوان یک فرم عمومی از تحلیل خطا و حساسیت و کمک به شناسایی ضرایب معکوس با اهمیت گسترش یافته است. همچنین، ثابت شده است که این رویکرد برای تحلیل ساختار جداول داده- ستانده، شناسایی بخش‌های کلیدی و چشم‌اندازهای اقتصادی نیز مفید است. به‌منظور تحلیل حساسیت معکوس لئونتیف به تغییرات فناورانه در یک بخش، مجموعه‌های احتمالی تغییرات در یک ستون جدول داده- ستانده در هر سال، به میزان آلفا درصد در نظر گرفته شد. نتایج بخش اول نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۵، تغییرات فناوری بخش اداره امور عمومی، دفاع و تأمین اجتماعی، بیشترین اثر را در سایر بخش‌ها داشته است. در سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ تغییرات فناوری بخش صنعت، بیشترین اثر را در سایر بخش‌ها داشته است. همچنین، بیشترین اثرگذاری تغییرات فناوری در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب مربوط به بخش‌های هتل و رستوران و ماهیگیری بوده است. بنابراین به‌طور کلی، یافته‌ها حاکی از آن است که در طول این دوره، تغییرات فناوری بخش صنعت و سپس بخش ساختمان، بیشترین اثرگذاری و بخش معدن، کمترین اثرگذاری را بر سایر بخش‌های اقتصاد ایران دارد. همچنین، نتایج بخش دوم مقاله نشان



می‌دهد که تغییرات فناوری بخش صنعت، حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات، معدن و ساختمان به ترتیب بیشترین اثرگذاری و بخش مستغلات، کرایه و خدمات کسب‌وکار، کمترین اثر را بر اشتغال ایران دارند. بنابراین، از بخش‌های اولویت‌دار تغییرات فناوری، بخش صنعت و ساختمان، بیشترین اثرگذاری را بر اشتغال دارند.

چارچوب ارائه‌شده در این مطالعه برای سیاستگذاری اقتصادی که دغدغه توسعه و ایجاد رشد بهینه در اقتصاد ایران را دارد، می‌تواند بسیار راهگشا باشد. سیاستگذار اقتصادی می‌تواند از نتایج این مطالعه برای تعیین و ارائه راهبرد مناسب سرمایه‌گذاری و توسعه بخش‌هایی که بیشترین ظرفیت رشد و بالاترین میزان میدان اثرگذاری را بر سایر بخش‌های اقتصاد دارند، استفاده کند. برای نمونه، نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات فناوری بخش معدن نتوانسته است اثر قابل‌انتظاری بر سایر بخش‌های اقتصاد بگذارد.

با توجه به وضعیت موجود کل کشور و شکاف بین عرضه و تقاضای نیروی کار و با توجه به اثر مثبت و معنادار و منفی تغییرات فناوری بر اشتغال بخش‌ها، افزایش حمایت‌ها و گسترش هزینه‌های تحقیق و توسعه در کشور لازم است. نقش دولت در این زمینه بسیار تعیین‌کننده و مهم است که از مخارج تحقیق و توسعه در بخش‌های مختلف اقتصادی حمایت و یسترسازی‌های نهادی را برای ارتقای فرهنگ به‌کارگیری آن ایجاد کند. به عبارت دیگر، با توجه به ویژگی وابستگی فناوری کشور به دنیای خارج، لازم است اعتبارات مالی و بانکی کشور به گونه‌ای تخصیص و هدایت شوند که باعث به‌کارگیری فناوری در فعالیتهای صنعتی و گسترش اشتغال ماهر و متخصص و همچنین پیشرفت اقتصادی کشور شوند.

### فهرست منابع

ابونوری، اسمعیل، و فرهادی، عزیزاله (۱۳۹۵). آزمون فروض فناوری در محاسبه جدول داده-ستانده متقارن ایران: یک رهیافت اقتصادسنجی. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران،

۶۹، ۱۱۷-۱۴۵. بازیابی از: <https://ijer.atu.ac.ir/article.html?۱۱۷۵۱>



- امینی، علیرضا(۱۳۸۱). تحلیل عوامل مؤثر بر تقاضای نیروی کار در بخش‌های اقتصادی و پیش‌بینی اشتغال در برنامه سوم توسعه، مجله برنامه و بودجه، ۷۴، ۸۶-۵۳.
- جهانگرد، اسفندیار، طائی، حسن، و قاسمی، فاطمه(۱۳۹۲). تأثیر فناوری بر اشتغال در ایران: رویکرد داده-ستانده+ اقتصادسنجی. پژوهش‌های پولی-بانکی، ۱۶، ۷۹-۵۹.
- جهانگرد، اسفندیار، و موسوی، سیده‌طاهره(۱۳۹۲). تحلیل تأثیر کارکرد فعالیت‌های اقتصادی بر تقاضای برق و انتشار دی اکسید کربن. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۳۷، ۶۵-۲۷.
- جهانگرد، اسفندیار(۱۴۰۰). اقتصاد دیجیتال تحلیل‌ها و پویایی‌ها. تهران، نشر آماره.
- جهانفر، نیلوفر، و صادقی، نرگس(۱۴۰۱). تحلیل تغییرات ساختاری اقتصاد ایران، مفهوم و مبانی نظری تغییرات فناوری در چارچوب الگوی داده-ستانده و کاربرد آن در ایران. بازیابی از: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل: ۱۸۲۲۲.
- متقی، لی‌لی(۱۳۷۷). تحلیل و برآورد تقاضای اشتغال در ایران ۱۳۵۰-۱۳۸۵. مجله برنامه و بودجه، ۲۷، ۶۳-۳۹.
- مرکز آمار ایران(۱۳۹۲)، راهنمای گردآوری، محاسبه و ارزیابی حساب‌های منطقه‌ای سال ۱۳۹۱. تهران، ایران.
- نادری، ابوالقاسم(۱۳۸۱). ارزیابی منابع رشد اقتصاد ایران با استفاده از جداول داده-ستانده و روش الگوسازی چندسطحی. مجموعه مقاله‌های دومین همایش کاربرد تکنیک‌های داده-ستانده.
- وب سایت مرکز آمار ایران(۱۳۹۵)، حساب‌های ملی و منطقه‌ای، بازیابی از: [www.amar.org.ir](http://www.amar.org.ir)
- وحیدی، پریدخت(۱۳۸۰). رابطه علم و فناوری اشتغال در بخش صنعت ایران. مجله برنامه و بودجه. ۵۴-۵۳.
- Baltagi, B. H. & Levin, D(1992). Cigarette Taxation: Raising Revenues and Reducing Consumption. Structural Change and Economic Dynamics, Vol. 3, pp. 321-335.
- Behrman, J.R.(1982). Review Article on Hollis B. CHenery, Structural Change and Development Policy, Journal of Development Economics, No. 10.
- Chenery, H. B. and Taylor, L(1968), Development Patterns: Among Countries and Over the Time, the Review of Economics and Statistics, Vol. 50. No. 4.
- Chenery, H., Robinson, Sh. And Syrquin, M(1986), Industrialization and Growth: A Comparative Study, Washington D.c: The Worldbank.





- Cuello F A. Mansouri F. Hewings G J D(1992). "The identification of structure at the sectoral level: a reformulation of the Hirschman-Rasmussen key sector indices", *Economic Systems Research* 4285 -296.
- Dietzenbacher, E., & Hoekstra, R(2002). The RAS structural decomposition approach. In *Trade, Networks and Hierarchies*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Heshmati, A(1998). "Labor Demand and Efficiency in Swedish Saving Banks", Department of Economic Statistics Stockholm School of Economics.
- Hirschman A O(1958). *the Strategy of Economic Development* (Yale University Press, NewHaven, CT).
- John Maynard Keynes(1931). "Economic Possibilities for our Grandchildren" in *Essays in Persuasion*, Harcourt Brace.
- Leontief, W(1986). *Input-Output Economics*, Oxford University Press.
- McKinsey Global Institute(2017). Strong warnings on the employment effect of digital technology had been made earlier by Brynjolfsson and McAfee (2014) and Frey and Osborne (2013).
- McKinsey Global Institute(2017b). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transition in Times of Automation*.
- Miller, R.E. and Blair, P.D(2022). "Input - output Analysis: Foundations and Extensions", 3<sup>rd</sup> Edition, Cambridge University Press.
- Miller, R. E. and Blair, P. D(2009). "Input-output Analysis: Foundation and Extensions". Cambridge. chap. 3.
- Millward N & Oswald AJ(1991). Unionism and Employment Behaviour. *Economic Journal*, 101 (407)
- Ncube, M. & Heshmati, A(1998). A Flexible Adjustment Model of Employment with Application to Zimbabwe Manufacturing Industries.
- Nickell, S. & Kong, P(1987). "Technical Progress and Jobs", LSE Center for Labour Economics Discussion Paper, Vol. 336.
- Petit, P(1995). "Employment and technological change". P. Stoneman (Ed), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, North Holland, Amsterdam.
- Pianta, M(2004). "The impact of innovation on jobs, skills and wages, *Economia e Lavoro*, 1, 2004, pp. 10-41.
- Rasmussen P. N(1956). *Studies in Intersectoral Relations* (North-Holland, Amsterdam)
- Ray, S. J(1997). "Coefficient Change in Embedded Econometric and Input-Output Models at the Regional Level", *Economic Systems Research*, 9(4), P.307.
- Ray, S. J(1999a). "Integrated Regional Econometrics+ Input- Output Modeling: Issues and Opportunities, *Papers Reg. Sci.* vol. 79. Pp. 271-292.



- Rueda-Cantuche, Jose M. & Amores, Antonio F(2007). "Key Activities under Joint Input- Output, Econometric and DEA Approaches: The Case of Turkey", European Commission-DG Joint Research Center IPTS.
- Rose, Adam(1984). "Technological Change and Input- Output Analysis", Socio- Economic Planning Sciences 18, pp. 305-0318.
- Sherman, J. & Morrison, W. J(1949). "Adjustment of an inverse matrix corresponding to changes in the elements of a given column or a given row of the original matrix", Annals of Mathematical Statistics. Vol. 20, p. 621.
- Sherman, J. & Morrison, W. J(1950). "Adjustment of an inverse matrix corresponding to a change in an element of a given matrix", Annals of Mathematical Statistics. Vol. 21, PP. 124-127.
- Sonis M and G J D Hewings(1988). "Superposition and decomposition principles in hierarchical social accounting and input-output analysis," in F. Harrigan and P. McGregor(eds.) Recent Advances in Regional Economic Modeling London: Pion, pp. 46-65.
- Sonis, M. & Hewings, G. J. D(1989). Error and sensitivity analysis: a new approach, in: A. 2.Rose, K. R. Polenske & R. E. Miller (Eds) Frontiers of Input-Output Analysis (New York, Oxford University Press).
- Sonis M and G J D Hewings(1990). "The" Matrioshka" Principle in the Hierarchical Decomposition of Multiregional Social Accounting Systems". In J. J. LI. Dewhest, G.J.D.Hewings and R.C. Jensen (Eds), Regional Input-Output Modeling: New Developments and Interpretations, Aldershot: Avebury, pp. 141-158.
- Sonis M and Hewings G J D(1991). "Fields of Influence and Extended Input-Output Analysis: a theoretical account". In J J L I Dewhest, G J D Hewings and R C Jensen (eds), Regional Input-Output Modeling: New Developments and Interpretations, Aldershot: Avebury, pp. 141-158.
- Sonis, M. & Hewings, G. J. D(1992). "Coefficient Change in Input-Output Models: Theory and Applications", Economic Systems Research, Vol. 4, No. 2, PP.143- 157.
- Sonis M. Hewings G J D. Haddad E(1999). "The region versus the rest of the economy: the extraction method with applications to the European Union, 1975 – 1985", in Regional Cohesion and Competition in the Process of Globalization Eds H Kohno, J Poot, P Nijkamp (Springer, Berlin) forthcoming.
- Sonis, M. and Hewings, G.J.D(2001), "Feedbacks in Input-Output Systems: Impacts, Loops and Hierarchie", in M.L. Lahr and E.Dietzenbacher (eds), Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions, New York: Palgrave, PP. 71-99.



- Sonis M. Hewings G J D(2007). “Coefficient change and Innovation Spread in Input- OutputModels” TD. Mestrado em Economia Aplicada FEA/UFJF 004/2007
- Ten Raa, T. & Rueda-Cantuche, JM(2007). “Stochastic Analysis of Input-Output Multiplier on the Basis of Use and Make Matrices”, Review of Income and Wealth, 53(3), pp. 1-17.
- United Nations: Handbook of Input-Output Table Compilation and Analysis, Studies in Methods, Series F, Number 74, New York, 1999.
- United Nations, Handbook on Supply, Use and Input-Output Tables with Extensions and Applications, Draft for Global Consultation, 2017.
- Vivarelli, M. and Pianta, M(2000). “The Employment Impact of Innovation: Evidence and Policy”, pp: 240. Routledge, London, Small Business Economics, Springer, vol. 22(5), pages 417-420, June.
- Vivarelli, M(1995). “The Economics of Technology and Employment: Theory and Empirical Evidence. Edward Elgar, Aldershot.
- West, Guy. R(1995). “Comparison of input- output, input- output+ Econometric and computable General Equilibrium Impact Models at the Regional Level”, econometric Systems Research, Vol.7. No. 2.
- Woodbury. M. A(1950). “Inverting Modified Matrices,” Technical Report 42, Statistical Research Group, Princeton University, Princeton, NJ, USA.