مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۹)
دوره‌ی ۱-۳۶، شماره‌ی ۱/۱، ص. ۸۷-۹۶

Original Article

طراحی مدل پویایی سیستم برای بررسی رفتار شاخص بهره‌وری کل عوامل در ایران

یحیی زارع مهرجردی * **(استاد)**
علی مصطفایی پور (استادیار)
سعید عابدی (دانشجوی دکتری)
محبوبه هنرور (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه یزد

افزایش یا کاهش بهره‌وری یک کشور یکی از عوامل مهم و مؤثر در تغییر اوضاع اقتصادی است. بنابراین، اندازه‌گیری بهره‌وری می‌تواند برای رصد کردن تغییرات در استانداردهای زندگی، در اثربخشی، یا در رقابت‌پذیری اقتصاد استفاده شود. بهترین شاخص نشان‌دهنده‌ی بهره‌وری جامع، بهره‌وری کل عوامل است. به همین دلیل در این پژوهش یک مدل پویایی سیستمی به شکلی طراحی شده است که شاخص‌های اثرگذار بر بهره‌وری کل عوامل بر اساس روش استفاده شده توسط فرناندز (۲۰۱۴) تعیین شود و بتوان با توجه به مدل، نتایج اقدامات و سیاست‌های اعمال شده بر بهره‌وری کل عوامل را با دقت تقریبی ۹۳/۲ درصد برای ایران پیش‌بینی کرد. متغیرهای مستقل تأثیرگذار عبارت‌اند از: ۱ـ نرخ خالص رشد جمعیت ۲ـ شاخص سرمایه‌ی نیروی انسانی و ۳ـ حجم سرمایه‌های فیزیکی کشور که دیگر پارامترها را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

واژگان کلیدی: بهره‌وری کل عوامل، تحقیق و توسعه، رضایت از زندگی، پویایی‌سیستم، سیاست‌گذاری.

yzare@yazd.ac.ir
mostafaei@yazd.ac.ir
Saeedabedi_2734@yahoo.com
mhonarvar@yazd.ac.ir

۱. مقدمه

۱.۱. اهمیت پیش‌بینی بهره‌وری کل عوامل[۱]

سولو[۲] عبارت «تغییر روش‌مند» را «شاخصی برای هرگونه تغییر در تابع تولید» تعریف کرد. بنابراین، کاهش سرعت‌ها، افزایش سرعت‌ها، بهبودها در آموزش نیروی انسانی و همه‌ی دسته‌بندی‌های اقلام تغییر روش‌مند خواهند بود.[۱] قبل از سولو، ورودی نیروی انسانی و سرمایه برای محاسبه‌ی عملکرد ملی استفاده می‌شد و محاسبه‌ی رشد سال به سال یک متغیر ساده بود. این تخمین‌های سالیانه برخی مواقع ناپایدار بودند و منجر به عدم نتیجه‌گیری می‌شد. وقتی که سولو نظریه‌ی خود را ارائه کرد، تخصیص شاخص‌های ویژه به ورودی‌های مختلف امکان‌پذیر و در نهایت منجر به نتایج دقیق‌تر شد. بهره‌وری کل عوامل به عنوان دیگر عواملی که بعد از تعریف نیروی انسانی و سرمایه باقی می‌ماند، محاسبه می‌شود. بهره‌وری کل عوامل مفهومی است که در طول زمان گسترده شده است و با نام‌های مختلفی شناخته می‌شود: باقی‌مانده‌ی سولو، باقی‌مانده‌ی بهره‌وری، بهره‌وری کل عوامل و بهره‌وری چندعامله. همه‌ی این چهار شاخص به باقی‌مانده/اضافه‌ی رشد یا رشد تعریف نشده در ورودی‌های تابع تولید اشاره می‌کنند.[۲]

برای ارزیابی بهره‌وری، رویکردهای سنتی محاسبه‌ی بهره‌وری تک‌عاملی[۳]، بهره‌وری سرمایه یا نیروی انسانی را به عنوان شاخص قابل اندازه‌گیری به کار می‌برند. به هرحال، فرایند واقعی تولید به طور آشکار نیازمند استفاده از عناصر متنوعی مثل سرمایه، نیروی انسانی و زمین است، به طوری که روش‌های محاسبه‌ی بهره‌وری سنتی تک‌عاملی نمی‌توانند رابطه‌ی بین تک عامل مذکور و دیگر عناصر را اندازه‌گیری کنند. بنابراین روش تک‌عاملی نمی‌تواند تغییرات در بهره‌وری را با دقت انعکاس دهد.[۳]

به منظور تحلیل بهتر و جامع‌تر بهره‌وری و تغییرات آن، محققان شروع به استفاده از بهره‌وری کل عوامل برای اندازه‌گیری بهره‌وری صنایع کردند.[۳و۴]

بهره‌وری کل عوامل به اثربخشی خروجی ایجاد شده توسط اثرات ترکیبی ورودی‌های مختلف اشاره دارد. در مقایسه با روش‌های سنتی محاسبه‌ی بهره‌وری تک‌عاملی، بهره‌وری کل عوامل توجه کامل به ورودی‌ها دارد و اثربخشی کلی یک سیستم اقتصادی را بهتر منعکس می‌کند.[۳] به دلیل اهمیت بهره‌وری کل عوامل، اطلاع از آینده و تغییرات آن ضروری به نظر می‌رسد.

۲.۱. روش پویایی سیستم

فارستر اولین فردی بود که از مفهوم پویایی سیستم در مقاله‌یی با عنوان «پویایی صنعتی: یک کشف مهم برای تصمیم‌گیران» استفاده کرد. این مقاله در مجله‌ی «مرور کسب‌وکار هاروارد»[۴] در سال ۱۹۵۸ چاپ شد.[۵] کار اولیه‌ی فارستر بر تحلیل و شبیه‌سازی

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۷/۱۰/۲۳، اصلاحیه ۱۳۹۸/۳/۲۹، پذیرش ۱۳۹۸/۴/۲۵.
DOI:10.24200/J65.2019.51869.1925

سیستم‌های صنعتی سطح میکرو مثل تولید، توزیع، پشتیبانی سفارش‌ها، کنترل موجودی و تبلیغات متمرکز بود. کار اولیه سپس به وسیله‌ی مطالعه‌ی رفتار سیستم‌های صنعتی در سال ۱۹۶۱ دنبال شد. در این مطالعه پویایی کوتاه‌مدت از نرخ‌های تولید و سطح موجودی تحلیل شدند.[۶]

فارستر روش‌های پویایی سیستم خودش را در کتاب اصول سیستم‌ها در سال ۱۹۶۸ توسعه داد. فارستر در این کتاب، مفاهیم پایه‌ی پویایی سیستم را به شکل کاربردی‌تر و با جزئیات بیشتر بیان کرد. بعدها، او روش‌های مدل‌سازی خود را در سال ۱۹۶۱ برای مسائل بلندمدت شهری[۷] و در سال ۱۹۷۱ در مسائل رشد جهانی[۸] به کار گرفت.

پویایی سیستم می‌تواند یک روش ساختاریافته برای تحلیل و طراحی سیاست‌های سازمان‌دهی شده تشریح شود. این روش، راهی برای مطالعه‌ی رفتار سیستم‌های تصمیم‌گیری اقتصادی - اجتماعی برای نمایش چگونگی ارتباط درونی ساختار (در زیرسیستم‌های وظیفه‌یی)، تأخیرات و اختلال (در زیرسیستم اطلاعاتی) و سیاست‌ها (که زیرسیستم‌های کنترلی را مدیریت می‌کنند) برای اثرگذاری بر روی رفتار پویاست.[۹]

روش پویایی‌شناسی سیستم، روشی برای کشف و ارائه‌ی فرایندهای بازخوردی و جستجوی ویژگی‌های پویایی سیستم‌های پیچیده با استفاده از ساختار سطح و جریان، تأخیرهای زمانی و روابط غیرخطی است.[۱۰و۱۱] ساختار بازخوردی که در این روش به صورت حلقه‌های بازخورد مثبت و منفی نشان داده می‌شود، اصلی‌ترین راهنمای پویایی‌شناسی سیستم است که به تفسیر رفتار پویای مشاهده شده از سیستم واقعی، تعیین فرضیات عملی در مورد این رفتارها و کمبودهای ساختاری موجود در مدل کمک می‌کند.[۱۰و۱۲]

روش پویایی‌شناسی سیستم با سایر روش‌های مدل‌سازی از چند منظر، تفاوت اساسی دارد. اول این‌که این روش فرایندهای بازخورد یا ارتباطات علّی حلقوی را که در آن متغیرها بر روی یکدیگر تأثیر می‌گذارند، پررنگ می‌کند. دوم این‌که تصمیم‌گیری رفتاری در مدل به طور واضح ارائه می‌شود؛ در حالی‌که تصمیم‌گیران افرادی با عقلانیت محدود و اطلاعات ناقص فرض می‌شوند. سوم این‌که فرایندهای دارای زمان مداوم را تقریب می‌زند و در نتیجه می‌تواند برای کشف اثرات تأخیرهای زمانی به کار گرفته شود.[۱۳و۱۴]

روش پویایی‌شناسی‌سیستم، روشی برای افزایش یادگیری در مورد سیستم‌های پیچیده و توسعه‌ی شبیه‌سازهای مدیریتی است تا در فهم پیچیدگی‌های سیستمی، منابع مقاومت در برابر سیاست‌ها و طراحی سیاست‌های اثربخش کمک کند.[۱۵] روش پویایی‌شناسی سیستم یکی از اولین پاسخ‌ها، به نقاط ضعف تحقیق در عملیات و دیگر روش‌های علم مدیریت، توسط جی. دابلیو فارستر، مطرح و در کتابی با عنوان «پویایی‌شناسی صنعتی» معرفی شد. فارستر در کتاب خود نشان داد که چگونه می‌توان با استفاده از ساختار یک سیستم انسانی و سیاست‌های کنترل‌کننده‌ی آن سیستم به درک عملکرد و رفتار آن پی برد.[۱۶]

مدل‌سازی پویایی سیستم می‌تواند به مدیران و مهندسان در تحلیل پویایی، رفتار سیستم‌های پیچیده‌ی اجتماعی[۵]، رفتارهای فناورانه[۶]، اقتصادی[۷] و سیاسی[۸] (S-T-E-P) برای نمایش این‌که چگونه ساختار سیستم و سیاست‌های استفاده شده در تصمیم‌گیری برای مدیریت رفتار سیستم کمک می‌کند، راهکار ارائه کند.[۱۷]

پویایی‌سیستم بر اساس ۱) تصمیم‌گیری، ۲) تحلیل بازخورد سیستم‌ها، ۳) پردازش الکترونیکی داده‌ها و ۴) شبیه‌سازی پایه‌گذاری شده است. تصمیم‌گیری مرتبط با این است که اقدامات چطور اتخاذ شوند. سیستم‌های بازخوردی با مسیری که اطلاعات برای تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند، مرتبط است. پیشرفت‌ها در سرعت و ظرفیت حافظه و قابلیت اطمینان فنّاوری‌های رایانه‌یی، تحلیل و آزمایش رفتار پویای سیستم‌های پیچیده را ممکن کرد. شبیه‌سازی به تصمیم‌گیران اجازه داد تا اثر به کارگیری تصمیم‌هایشان را در طول زمان ببینند.[۱۷و۱۸]

استرمن در مورد این روش بر این عقیده است که «استفاده از حلقه‌های بازخوردی، نرخ‌ها و سطح‌ها در مدل‌سازی، خصوصیت بارز روش پویایی‌شناسی سیستم نسبت به مدل‌های ریاضی، آماری و. . .است».[۱۹و۲۰]

ریچ درباره این روش می‌گوید: «این روش از سایر رویکردهای سیستمی نرم با تأکید بر مدل‌های مرسوم جهان واقعی (مدل‌هایی که ساختارهای مسبب مشکل را ریاضی‌گونه نمایش می‌دهند) متمایز می‌شود. مدل‌های پویایی سیستم برای شبیه‌سازی سیستم‌های مورد بررسی، می‌توانند به کار برده شوند و بدین وسیله فرصتی برای تجربه و یادگیری از سناریوهای فرضی را فراهم کنند».[۱۴-۲۱]

این روش، زیرمجموعه‌یی از ابزارهای شبیه‌سازی رایانه‌یی برای ارائه‌ی ریاضی‌گونه‌ی سیستم مدل شده است و همانند سایر ابزارهای شبیه‌سازی، این روش، آزمایش ارزان‌تر و سریع‌تر اثرات سیاست‌های جدید بر روی مدل رایانه‌یی ایجاد شده برای یک سیستم واقعی را ارائه می‌کند.[۲۲]

برای ساخت و شبیه‌سازی مدل‌های پویایی سیستم نرم‌افزارهای زیادی به‌وجود آمده‌اند که یکی از بهترین آنها نرم افزار ونسیم[۹] است. این نرم‌افزار یک چارچوب یکپارچه برای مفهومی‌سازی، ساخت، شبیه‌سازی، تحلیل، بهینه‌سازی و گسترش مدل‌ها برای سیستم‌های پویای پیچیده است. ونسیم سرعت و اثربخشی بسیار خوبی دارد.[۲۳]

۳.۱. تشریح ساختار و نحوه‌ی کار مقاله

در این مقاله سعی شد که کلیه‌ی موارد اثرگذار بر روی بهره‌وری کل عوامل بررسی شود و روابط علّی و معلولی بین آنها مد نظر قرار گیرد. در این تحقیق سه پارامتر اصلی برای تعیین بهره‌وری کل عوامل در نظر گرفته شده است ۱ـ تولید ناخالص داخلی ۲ـ سرمایه‌ی فیزیکی ۳ـ ساختار نیروی انسانی (شاخص سرمایه‌ی نیروی انسانی).

این تحقیق بر اساس ساختار مدل پویایی‌سیستم بنا شده و تأثیر متغیرهای اثرگذار بر بهره‌وری کل عوامل بر یکدیگر را تعیین می‌کند و با توجه به مطالعات انجام شده در این زمینه هیچ مدلی بدین شکل تا کنون ارائه نشده است و برای اولین بار به بررسی روابط علّی و معلولی بین متغیرهای اثرگذار بر بهره‌وری کل عوامل پرداخته شده است؛ در حالی‌که همه‌ی روش‌های ارائه شده در زمینه‌ی محاسبه‌ی بهره‌وری کل عوامل فقط به بررسی موضوع از طریق فرمول‌های معمول و جاری بدون بررسی روابط علّی و معلولی آنها پرداخته‌اند.

۲. پیشینه‌ی تحقیق

۱.۲. تاریخچه‌ی بهره‌وری کل عوامل

در سال ۱۹۵۷، سولو در مقاله‌ی اثرگذار و مهم خود در زمینه‌ی نظریه‌ی اقتصاد کلان تلاش کرد تا یک «راه ساده برای مشخص کردن تغییرات در برونداد هر فرد براساس تغییرات تکنیکی خروجی‌ها با توجه به تغییرات قابلیت در دسترس بودن سرمایه برای او» پیشنهاد دهد. او سعی داشت تعریفی یکپارچه از تأثیر تابع تولید در اثربخشی ایجاد شده توسط تغییرات روش‌مند بدون در نظر گرفتن تغییرات ایجاد شده در اثر تغییرات سرمایه‌یی ارائه کند.[۱]

او نظریه‌ی تابع تولید تجمعی را که ترکیبی از نیروی انسانی، سرمایه و فنّاوری بود،

ارائه کرد. کار او مبتنی بر نظریه‌ی ارزش کارل مارکس[۱۰]، کارهای آدام اسمیت[۱۱] (زمین، نیروی انسانی، سرمایه) و جوزف شومپتر[۱۲] (زمین، نیروی انسانی، سرمایه و فنّاوری) بود.[۱و۲]

تابع تولید کاب ـ داگلاس[۱۳] با سه عامل تولید (سرمایه، نیروی انسانی و کالاهای واسطه (میانی)) برای تخمین بهره‌وری کل عوامل در سال ۱۹۲۸ به کار گرفته شد.[۲۴] فروش کارخانه‌ها به عنوان خروجی، ارزش جایگزینی ماشین‌آلات وسایل نقلیه و تجهیزات برای اندازه‌گیری سرمایه و نیروی انسانی با کل پرداختی به کارگران (شامل دستمزد، حقوق، پاداش)، مواد اولیه و مواد میانی به عنوان کالاهای واسط مد نظر قرارگرفتند. بهره‌وری کل عوامل به عنوان موارد باقی‌مانده‌ی تابع تولید برآورد می‌شود.[۲۴و۲۵]

روش ارائه شده توسط فرناندز[۱۴][۲۶] به شکلی است که فقط دو پارامتر بهره‌وری نیروی انسانی و بهره‌وری سرمایه را در نظرگرفته است و فقط از طریق این دو پارامتر نسبت به تعیین بهره‌وری کل عوامل اقدام کرده است. مجموعه داده‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی بهره‌وری کل عوامل از طریق دو پارامتر فوق در این روش در وب‌گاه بانک توسعه‌ی داخلی آمریکا[۱۵] قرارگرفته است. نحوه‌ی محاسبه از طریق این روش به شرح زیر است.

محاسبه‌ی بهره‌وری ساختاری نیروی انسانی[۱۶] یا همان خروجی هر نیروی انسانی(LP)، از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است که در آن $\bar{Y}_{it}$ تقسیم بخش تولیدی تولید ناخالص داخلی واقعی (بر اساس قیمت ۲۰۱۱) و $\bar{L}_{it}$ تعداد شاغلان است.

$$LP_{it} = \frac{\bar{Y}_{it}}{\bar{L}_{it}}$$

محاسبه‌ی بهره‌وری ساختاری شاخص‌های خام[۱۷] (سرمایه و نیروی انسانی) نیز از از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است که در آن $\bar{Y}_{it}$ تقسیم بخش تولیدی تولید ناخالص داخلی واقعی (بر اساس قیمت ۲۰۱۱) و $\bar{L}_{it}$ تعداد شاغلان و $\bar{K}_{it}$ سرمایه‌ی فیزیکی به قیمت ثابت ۲۰۱۱ و a سهم سرمایه در تابع تولید است.

$$KLP_{it} = \frac{\bar{Y}_{it}}{\bar{K}_{it}^{a}\bar{L}_{it}^{1-a}}$$

بهره‌وری کل عوامل[۱۸] نیز در تحقیق مذکور به شرح زیر است که در آن $\bar{h}_{it}$ شاخص سرمایه‌ی انسانی است که در تحقیق بیلز و لنو[۱۹] تعریف شده و تابعی از میانگین تحصیلات (سال‌های تحصیل) است[۲۷] و بقیه‌ی موارد عیناً مطابق با تعاریف فوق است:

$$TFP_{it} = \frac{\bar{Y}_{it}}{\bar{K}_{it}^{a}(\bar{h}_{it}\bar{L}_{it})^{1-a}}$$

با توجه به این‌که تمام اطلاعات لازم برای شاخص‌های مورد استفاده در این تعریف در وب‌گاه بانک توسعه‌ی آمریکا از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۴ موجود است، در این تحقیق از تعریف ارائه شده‌ی فوق برای ایجاد مدل پویایی‌سیستمی بهره گرفته شده است.

انتظار می‌رود که مدل ارائه شده در این تحقیق بتواند مبنای بررسی سیاست‌های عملیاتی و برنامه‌ریزی راهبردی در زمینه‌ی بهره‌وری کل عوامل قرار گیرد.

۲.۲. تاریخچه‌ی پویایی‌سیستم و کاربرد آن در پیش‌بینی TFP

مشایخی در سال ۱۹۷۸ در کتاب خود با عنوان: «استراتژی توسعه‌ی اقتصادی در ایران: یک مطالعه‌ی موردی از توسعه بر مبنای منابع فناپذیر» به بررسی اقتصاد مبتنی بر نفت ایران در آن زمان پرداخت. او به تحلیل گذار ایران از یک اقتصاد وابسته به نفت به یک اقتصاد مستقل از نفت، با استفاده از شبیه‌سازی سیاست‌های مختلف برای دست‌یابی به گذاری آرام پرداخت.[۲۸]

در سال ۱۹۹۸ نیز یک مدل پویایی سیستم برای تحلیل تعاملات اقتصاد با محیط زیست با نام «فری» [۲۰] ارائه شد. این مدل نخستین مدل مبتنی بر پویایی سیستم بود که به موضوع تأثیر آب و هوا بر سیستم اقتصاد و انرژی می‌پرداخت.[۲۹]

پورمعصومی و همکاران در سال ۲۰۱۰ در پژوهشی به بررسی سیستم اقتصاد ـ انرژی ایران با استفاده از مدل پویایی سیستم پرداختند.[۳۰] دادخواه و همکاران در سال ۲۰۱۴ به مدل‌سازی سیستم پویای مالیات بر ارزش زمین در اقتصاد ایران و به بررسی سناریوهای مختلف و برآمدهای آنها پرداختند.[۳۱]

منظور و رضایی در سال ۲۰۱۳ به بررسی اثرات اصلاح قیمت سوخت مصرفی نیروگاه‌ها بر میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌یی با استفاده از رویکرد پویایی سیستمی پرداختند. بررسی آنها نشان داد که افزایش قیمت سوخت نیروگاه‌ها باعث کاهش محسوس میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی خواهد شد.[۳۲]

در سال ۲۰۱۳ موسوی حقیقی و رجبی به مدل‌سازی تأثیر تغییرات شدت انرژی در بخش صنعت بر شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی با استفاده از روش پویایی سیستم پرداختند. ایشان با استفاده از نتایج حاصل راه‌کارهایی برای دست‌یابی به اهداف مد نظر افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و همچنین شدت انرژی ارائه کردند.[۳۳]

در زمینه‌ی اندازه‌گیری بهره‌وری با استفاده از پویایی‌سیستم مقالات زیادی وجود ندارد. عبدالحمید و مدنیک (۱۹۸۹) پویایی بهره‌وری ایجاد نرم‌افزار در چرخه‌ی عمر ایجاد نرم‌افزار را مطالعه کردند.[۳۴]

شین در پایان‌نامه‌ی دکتری خود با عنوان «مدل پویایی سیستمی برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل سیستم تولیدی: اجرا برای تولید به هنگام (JIT)[۲۱]»، پایه‌یی برای کشف ارتباط بین تولید بهنگام و عملکرد سیستم تولید با استفاده از یک رویکرد سیستمی ارائه کرد. مدل او برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل (که نشان‌دهنده‌ی میزان عملکرد کلی یک سیستم تولیدی است) طراحی و ساخته شده بود.[۱۷]

۳. شرح مسئله، مدل و روش

یک کشور یا یک صنعت با مصرف کمتر و تولید بیشتر پیشرفت می‌کند.[۳۵] بنابراین افزایش یا کاهش بهره‌وری یک کشور یکی از عوامل مهم و مؤثر در تغییر اوضاع اقتصادی است. همچنین اندازه‌گیری بهره‌وری می‌تواند برای رصد کردن تغییرات در استانداردهای زندگی، در اثربخشی یا در رقابت‌پذیری اقتصاد استفاده شود.[۳۶]

با توجه به توضیحات بالا، بهترین شاخص نشان‌دهنده‌ی بهره‌وری جامع، بهره‌وری کل عوامل است. در این پژوهش مدل پویایی‌سیستم برای برآورد نحوه‌ی رفتار بهره‌وری کل عوامل یک کشور بر اساس پارامترهای استنتاج شده از نظر خبرگان مبتنی بر تحقیق فرناندز[۲۶] ارائه می‌شود. در طراحی این مدل، کشور انتخابی ایران است و هدف مدل تعیین محاسبه‌ی بهره‌وری کل عوامل و رفتار آن در مقابل تغییرات اعمال شده بر آن است.

۱.۳. تشریح مدل پویایی‌سیستم

با توجه به این‌که سیاست‌گذاری‌های آتی بر اساس اثرگذاری عوامل مستقل بر عوامل وابسته صورت می‌پذیرد، لازم است به بررسی عوامل اثرگذار بر روی بهره‌وری کل عوامل و عوامل اثرگذار بر آنها به شرح جدول ۱ پرداخته شود.

جدول ۱. فهرست عوامل اثرگذار بر بهره‌وری کل عوامل.

ردیف	نام پارامتر	نماد
۱	نرخ خالص افزایش جمعیت	$POP-RT$
۲	میانه‌ی سنی جمعیت	$MED\ AG$
۳	میانگین سنی جمعیت	$AVE.AG$
۴	میزان مشارکت اقتصادی در سن ۱۰ سال بالاتر	$ECO.SH$
۵	تعداد شاغلان	$Lemp$
۶	جمعیت کشور	POP
۷	تولید ناخالص داخلی	$REL.GDP$
۸	بخش تولیدی ناخالص داخلی	$Out.GDP$
۹	بهره‌وری نیروی انسانی	LP
۱۰	شاخص سرمایه‌ی انسانی	$HUM.INX$
۱۱	حجم دارایی‌های فیزیکی	$PHY.CAP$
۱۲	بهره‌وری سرمایه ـ نیروی انسانی	KLP
۱۳	بهره‌وری کل عوامل	TFP
۱۴	میزان رضایت از زندگی	SOL
۱۵	هزینه‌های تحقیق و توسعه (دلار آمریکا)	$R\&D.EXP$
۱۶	کاربرد اختراعات	$PAT.APP$

عوامل اثرگذار بر روی بهره‌وری که آمار گذشته‌ی آنها موجود است، از وب‌گاه مرکز آمار ایران و بانک جهانی و بانک توسعه‌ی داخلی استخراج شد و به صورت پرسش‌نامه در اختیار خبرگان در زمینه‌ی بهره‌وری قرار گرفت. در پرسش‌نامه‌ی ارائه شده شاخص‌های زیر مورد پرسش قرار گرفتند و از نظر اثرگذاری یا عدم اثرگذاری بر بهره‌وری کل عوامل و بر یکدیگر سنجیده شدند. در نهایت موارد ذکر شده در جدول ۲ از نظر خبرگان و تحقیق فرناندز استخراج شد و در مدل پویایی سیستم مورد نظر قرار گرفت.

با توجه به موارد اثرگذار بر روی بهره‌وری کل عوامل بر اساس تحقیق فرناندز و همچنین نظرات خبرگان برای تعیین پارامترهای اثرگذار بر مجموعه‌ی عوامل تعریف شده در آن تحقیق از طریق بررسی رگرسیون چندمتغیره پارامترها در نرم‌افزار SPSS، مدل پویایی‌سیستم به منظور برآورد رفتار بهره‌وری کل عوامل کشور در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ به صورت شکل ۱ ایجاد شد:

حلقه‌ی ایجاد شده در این مدل به صورت شکل ۲ است:

نمودار جریان به صورت شکل ۳ است:

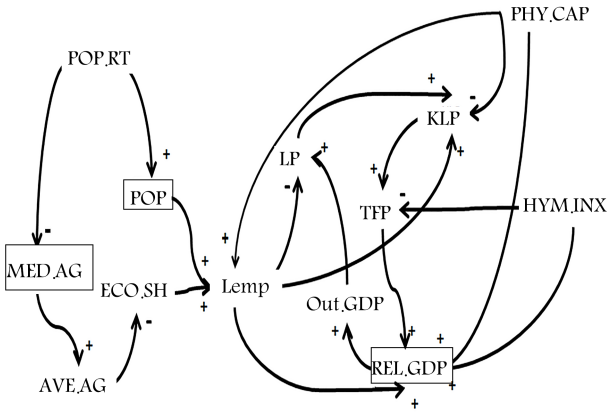
۲.۳. تشریح حلقه‌های علی مدل پویایی سیستم

در این مدل، متغیرهای مستقل (ورودی) نرخ رشد جمعیت، شاخص سرمایه‌ی انسانی و حجم دارایی‌های فیزیکی کشور هستند. بدین ترتیب این متغیرها به شرح زیر روی بهره‌وری کل عوامل به صورت زنجیره‌یی اثر می‌گذارند.

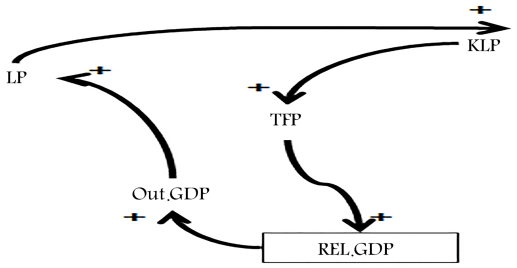
الف) نرخ رشد جمعیت باعث تغییر در میانه‌ی سنی جمعیت، میانگین سنی جمعیت، نرخ مشارکت اقتصادی و در نتیجه تعداد نیروی انسانی شاغل خواهد شد که به عنوان صورت کسر محاسبه‌کننده‌ی بهره‌وری نیروی انسانی (LP) عمل می‌کند.

از طرف دیگر نرخ رشد جمعیت باعث افزایش جمعیت و در نهایت افزایش تعداد نیروی انسانی شاغل می‌شود که مانند حالت قبل بر بهره‌وری نیروی انسانی اثر خواهد گذاشت.

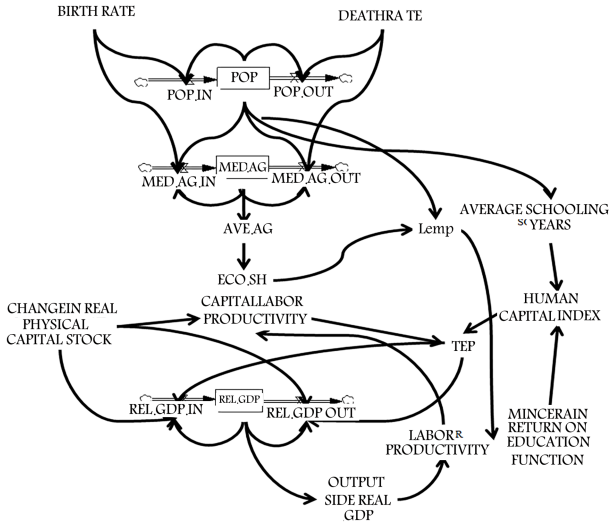
ب) شاخص سرمایه‌ی نیروی انسانی نیز به صورت مستقیم بر روی بهره‌وری کل



شکل ۱. مدل پویایی سیستم پیش‌بینی بهره‌وری کل عوامل.



شکل ۲. حلقه‌ی بهبود بهره‌وری کل عوامل از طریق افزایش تولید ناخالص داخلی.



شکل ۳. نمودار جریان مدل پیشنهادی.

عوامل اثرگذار خواهد بود. بدین صورت که با افزایش سطح تحصیلات نیروی انسانی، بر اساس معادله‌ی تعریف شده در تحقیق بیلز و لنو میزان دستمزد افزایش خواهد یافت و بدین ترتیب در صورت ثابت ماندن خروجی، به دلیل حضور در مخرج کسر محاسبه‌کننده‌ی بهره‌وری کل عوامل باعث کاهش آن خواهد شد.

ج) شاخص حجم دارایی‌های فیزیکی از یک طرف بر تعداد شاغلان اثر می‌گذارد و باعث افزایش آنها می‌شود و از طرف دیگر باعث کاهش بهره‌وری سرمایه ـ نیروی انسانی خواهد شد. همچنین اثر مثبت بر روی تولید ناخالص ملی دارد و باعث افزایش آن خواهد شد.

جدول ۲. فهرست عوامل استخراجی از نظرات خبرگان.

ردیف	نام پارامتر	نوع متغیر	نماد
۱	نرخ خالص افزایش جمعیت	نرخ	$POP-RT$
۲	میانه‌ی سنی جمعیت	حالت	$MED\ AG$
۳	میانگین سنی جمعیت	کمکی	$AVE.AG$
۴	میزان مشارکت اقتصادی در سن ۱۰ سال و بالاتر	کمکی	$ECO.SH$
۵	تعداد شاغلان به کارگرفته شده	کمکی	$Lemop$
۶	جمعیت کشور	حالت	POP
۷	تولید ناخالص داخلی	حالت	$REL.GDP$
۸	بخش تولیدی ناخالص داخلی	کمکی	$Out.GDP$
۹	بهره‌وری نیروی انسانی	کمکی	LP
۱۰	شاخص سرمایه‌ی انسانی	نرخ	$HUM.INX$
۱۱	حجم دارایی‌های فیزیکی	کمکی	$PHY.CAP$
۱۲	بهره‌وری سرمایه ـ نیروی انسانی	کمکی	KLP
۱۳	بهره‌وری کل عوامل	کمکی	TFP

۳.۳. روابط بین متغیرها

با توجه به این‌که محاسبه‌ی بهره‌وری کل عوامل و متغیرهای اثرگذار بر آن دارای روابط تعیین شده هستند و مدل طراحی شده در این تحقیق مبتنی بر تحقیق فرناندز است، روابط بین بهره‌وری کل عوامل و متغیرهایی که به طور مستقیم بر آن اثرگذارند، از تحقیق مذکور استخراج شده‌اند و روابط بین دیگر متغیرها از طریق روش رگرسیون خطی چندمتغیره با نرم‌افزار SPSS تعیین شده‌اند که کل روابط به شرح جدول ۳ است.

۴. تشریح داده‌ها و نتایج

داده‌های جمع‌آوری شده برای تحلیل روابط بین متغیرها، از وب‌گاه‌های مرجع از قبیل وب‌گاه مرکز آمار ایران[۲۲]، بانک جهانی[۲۳] و بانک توسعه‌ی داخلی آمریکا جمع‌آوری شدند جدول ۴. داده‌ها برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ موجود بود و روابط انتخاب شده از طریق نرم‌افزار SPSS و بر اساس رگرسیون چندمتغیره محاسبه شد.

۱.۴. تشریح خروجی‌های حاصل از مدل و اعتبارسنجی مدل و روش

شبیه‌سازی مدل برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴، در نرم‌افزار ونسیم انجام شد و نتایج خروجی آن به شرح جدول ۵ است:

۲.۴. روش اعتبارسنجی مدل

۱.۲.۴. آزمون تأیید ساختار

این آزمون با هدف پاسخگویی به دو سؤال زیر انجام شد:

۱. آیا ساختار مدل با دانش موجود در مورد ساختار سیستم واقعی در تناقض نیست؟

۲. آیا مرتبط‌ترین ساختارهای سیستم واقعی مدل‌سازی شده‌اند؟[۳۷]

از آن‌جایی‌که روابط ایجاد شده در مدل بر اساس نظرات خبرگان بوده است، ساختار مدل از این نظر مورد تأیید است.

۲.۲.۴. آزمون سازگاری ابعادی

آیا همه‌ی متغیرها در همه‌ی معادلات در هر دو سمت معادله، در حالت موازنه قرار دارند؟[۳۷]

این آزمون نیز برای مدل توسط نرم‌افزار ونسیم انجام شد و نتیجه‌ی آن مثبت بود.

۳.۲.۴. آزمون بازتولید رفتار

آیا مدل می‌تواند روند تغییر متغیرها در واقعیت را تولید کند؟[۳۷]

نمودار مقایسه‌ی مقادیر واقعی و شبیه‌سازی هر یک از پارامترهای مدل برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ به صورت شکل‌های ۴ تا ۱۲ است.

از آن‌جایی‌که مدل‌های پویایی سیستم برای پیش‌بینی نقطه‌یی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، فقط می‌توان از آنها برای پیش‌بینی الگو و پیش‌بینی وقایع استفاده کرد. به همین دلیل فقط رفتار مدل از نظر ایجاد نشانه‌ها و مشخصات رفتاری بررسی می‌شوند و تطابق نقطه‌یی نمودارها منطقی نیست.[۳۷]

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نمودارها رفتار واقعی را دنبال می‌کنند و نشان‌دهنده‌ی شبیه‌سازی خوب مدل از واقعیت‌اند. اما برای نشان دادن دقت پیش‌بینی‌های انجام شده از شاخص جذر میانگین مربعات درصد خطاها[۲۴] استفاده شده است و نتایج آن برای متغیر اصلی مسئله به شرح جدول ۶ است:

همان‌گونه که مشاهده می‌شود مدل طراحی شده با دقت بالایی برابر با ۹۳٫۲ درصد شاخص بهره‌وری کل عوامل را پیش‌بینی می‌کند؛ پس انتظار می‌رود که بتواند نتایج اقدامات یا سیاست‌های مورد نظر ما برای بهبود بهره‌وری کل عوامل در ایران را با دقت بالا پیش‌بینی کند.

جدول ۳. روابط بین متغیرها.

ردیف	پارامتر	رابطه‌ی ورودی/ محاسباتی
۱	نرخ خالص افزایش جمعیت	-
۲	میانه‌ی سنی جمعیت	$۱/۴۶۷ - ۶۶/۶۶۷ \times POP.RT$
۳	میانگین سنی جمعیت	$۱۴/۵۹۹ + ۰/۵۵۵ \times MED\ AG$
۴	میزان مشارکت اقتصادی در سن ۱۰ سال و بالاتر	$۰/۵۹ - ۰/۰۰۷ \times AVE.AG$
۵	تعداد شاغلان به کارگرفته شده	$۰/۰۵۲۱ + ۰/۶۵۳۴ \times$" $ECO.SH$". $\times POP$ $+۸/۵۲۲ \times ۱۰^{\wedge} - ۷ \times PHY.CAP$
۶	جمعیت کشور	$POP \times POP.RT$
۷	تولید ناخالص داخلی	$۱۸۰۵۰/۹ + ۰/۵۰۸ \times ((TFP_t \times PHY,$ $CAP_t^{\wedge} ۰/۴۳۳۷۰۴ \times HUM.INX_t^{\wedge}(۱ - ۰/۴۳۳۷۰۴)$ $\times$ "$Lemp_t^{\wedge}(۱ - ۰/۴۳۳۷۰۴) - \times$ $((TFP_{t-۱} \times PHY, CAP_{t-۱}^{\wedge}$ $۰/۴۳۳۷۰۴ \times HUM.INX_{t-۱}^{\wedge}$ $(۱ - ۰/۴۳۳۷۰۴) \times$ "$Lemp_{t-۱}^{\wedge}$ $(۱ - ۰/۴۳۳۷۰۴))$
۸	بخش تولیدی ناخالص داخلی	$-۲۸۹۶۴ + ۰/۹۹۸ \times REL.GDP$
۹	بهره‌وری نیروی انسانی	$Out\ GDP/Lemp$
۱۰	شاخص سرمایه‌ی انسانی	-
۱۱	حجم دارایی‌های فیزیکی	-
۱۲	بهره‌وری سرمایه ـ نیروی انسانی	$LP \times Lemp$" $\times^{\wedge}$ $۰/۴۳۳۷۰۴/PHY.CAP^{\wedge}۰/۴۳۳۷۰۴$
۱۳	بهره‌وری کل عوامل	$KLP/HUM.INX^{\wedge}(۱ - ۰/۴۳۳۷۰۴)$

جدول ۴. آمار گذشته پارامترهای مدل.

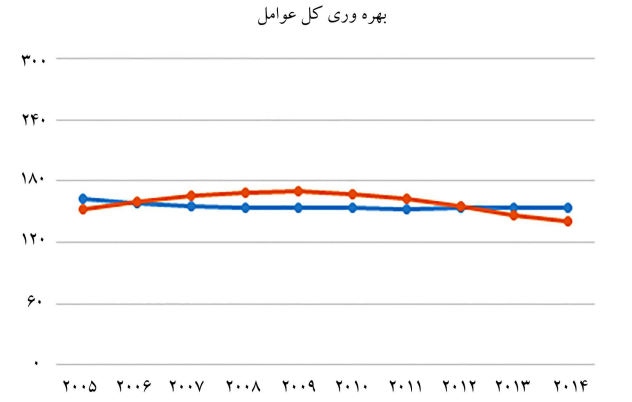
سال	بهره‌وری کل عوامل	بهره‌وری نیروی انسانی	میانگین سنی جمعیت کشور	نرخ مشارکت اقتصادی در سن ۱۰ و بالاتر	نرخ رشد جمعیت	جمعیت (میلیون نفر)	GDP واقعی بر اساس قیمت ثابت ۲۰۱۱	میانه‌ی سنی	بهره‌وری سرمایه‌ی نیروی انسانی	جمعیت شاغلان (میلیون نفر)	بخش تولیدی بر اساس GDP قیمت ۲۰۱۱
۲۰۰۵	۱۵۲/۸۶۷	۴۴۷۵۷/۰۴	۲۷/۵۹۴	۰/۴۱	۰/۰۱۵۲۶۱	۶۹/۴۵۱۷۵۲۶	۱۰۲۸۹۷۵/۳۱	۲۳/۴۵	۲۸۷/۵۲۹۱۱۴	۲۱/۷۴۴۶۱۳۷	۹۸۴۲۸۸/۶۲۵
۲۰۰۶	۱۶۰/۱۱۶۱	۴۸۴۲۷/۸۵	۲۷/۹۹	۰/۴۰۴	۰/۰۱۵۰۳۲	۷۰/۴۹۵۷۸	۱۰۸۷۶۷۱	۲۳/۹	۳۰۳/۴۹۹۲	۲۱/۹۱۶۴۹	۱۰۴۸۴۶۶
۲۰۰۷	۱۶۵/۸۲۶۷	۵۱۸۴۴/۹۱	۲۸/۳۵۲	۰/۳۹۸	۰/۰۱۳۲۰۳	۷۱/۴۲۶۵۶	۱۱۸۶۸۲۵	۲۴/۵۲	۳۱۶/۷۸۶۶	۲۲/۱۰۵۷۷	۱۱۷۰۴۵۶
۲۰۰۸	۱۶۹/۱۰۹۶	۵۴۵۷۱/۴۷	۲۸/۷۱۴	۰/۳۸	۰/۰۱۳۰۳	۷۲/۳۵۷۳۳۶۸	۱۱۹۷۷۸۷/۱۳	۲۵/۱۴	۳۲۵/۶۰۴۲۴۸	۲۱/۳۹۷۵۹۰۶	۱۱۹۳۸۸۴/۶۳
۲۰۰۹	۱۶۹/۶۲۴۹	۵۶۲۹۲/۴۹	۲۹/۰۷۶	۰/۳۸۹	۰/۰۱۲۸۶۳	۷۳/۲۸۸۱۱۴۲	۱۲۲۵۵۱۲/۵	۲۵/۷۶	۳۲۹/۱۷۲۱۵	۲۱/۵۴۵۴۹۹۸	۱۲۱۳۵۶۲/۷۵
۲۰۱۰	۱۶۷/۳۵۸۴	۵۶۹۰۰/۱۴	۲۹/۴۳۸	۰/۳۸۳	۰/۰۱۲۷	۷۴/۲۱۸۸۹	۱۳۰۶۱۱۹	۲۶/۳۸	۳۲۷/۳۲۸	۲۱/۶۴۵۰۹	۱۲۶۹۲۸۵
۲۰۱۱	۱۶۲/۲۴۸۴	۵۶۳۵۶/۵۲	۲۹/۸	۰/۳۶۹	۰/۰۱۲۵۴۱	۷۵/۱۴۹۶۷	۱۳۵۵۰۹۵	۲۷	۳۱۹/۸۱۸	۲۲/۱۴۴۳۲	۱۳۵۵۰۹۴
۲۰۱۲	۱۵۴/۸۵۰۳	۵۴۹۲۹	۳۰/۰۶	۰/۳۷۴	۰/۰۱۲۷۱۲	۷۶/۱۰۴۹۹	۱۲۶۵۵۴۱	۲۷/۶	۳۰۷/۶۱۵۴	۲۲/۶۳۲۵۱	۱۱۸۹۱۷۱
۲۰۱۳	۱۴۷/۲۶۵۵	۵۳۵۳۶/۹۵	۳۰/۳۲	۰/۳۷۶	۰/۰۱۷۴۸۱	۷۷/۴۳۵۳۸	۱۲۴۱۳۴۹	۲۸/۲	۲۹۴/۸۲۵۳	۲۳/۰۳۰۰۳	۱۲۱۰۴۵۱
۲۰۱۴	۱۴۰/۴۲۷۳	۵۲۶۸۸/۰۵	۳۰/۵۸	۰/۳۷۲	۰/۰۱۲۶	۷۸/۴۱۱۰۹	۱۲۹۵۲۶۵	۲۸/۸	۲۸۳/۳۲۶۸	۲۳/۴۱۳۱۴	۱۱۹۸۵۱۴

جدول ۵. نتایج خروجی شبیه‌سازی برای پارامترهای مدل.

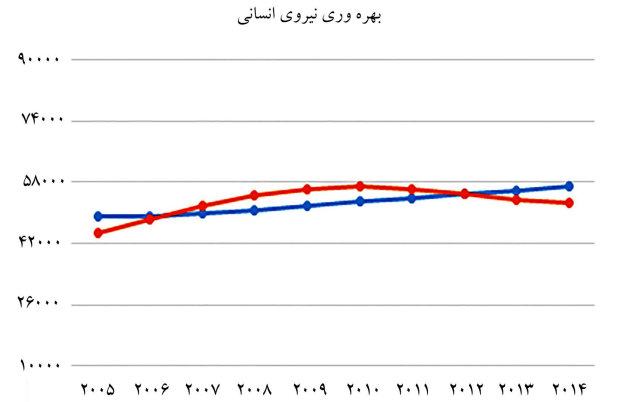
سال	بهره‌وری کل عوامل	بهره‌وری نیروی انسانی	میانگین سنی جمعیت کشور	نرخ مشارکت اقتصادی در سن ۱۰ و بالاتر	درصد تغییر جمعیت	جمعیت (میلیون نفر)	تولید ناخالص داخلی واقعی بر اساس قیمت ثابت ۲۰۱۱	میانه‌ی سنی	بهره‌وری سرمایه‌ی نیروی انسانی	جمعیت شاغلین (میلیون نفر)	میزان خروجی از GDP بر اساس قیمت ۲۰۱۱
۲۰۰۵	۱۶۳٫۴۸۹۲	۴۹۱۲۴٫۸۱	۲۷٫۶۱۳۷۵	۰٫۳۹۶۷	۰٫۰۱۵۲۶۱۸۶	۷۰٫۱۲۲۱	۱۰۲۸۹۸۰	۲۳٫۴۵	۳۰۷٫۳۳۸۵	۲۰٫۳۱۴۷۴	۹۹۷۹۵۸٫۰۶۳
۲۰۰۶	۱۵۷٫۹۸۷۸	۴۹۱۵۲٫۲۶	۲۷٫۸۷۱۸۲	۰٫۳۹۴۹	۰٫۰۱۵۰۳۲۴۴	۷۱٫۱۷۶۰۳	۱۰۴۷۳۳۰٫۸۸	۲۳٫۹۱	۲۹۹٫۴۰۰۸	۲۰٫۶۷۶	۱۰۱۶۲۷۲٫۲۵
۲۰۰۷	۱۵۵٫۷۳۵۴	۴۹۸۲۹٫۲۲	۲۸٫۱۹۷۶۱	۰٫۳۹۲۶۲	۰٫۰۱۳۲۰۳	۷۲٫۱۱۵۵۵	۱۰۷۴۹۸۵	۲۴٫۵۰۱	۲۹۷٫۵۰۳۹	۲۰٫۹۴۸۹۸	۱۰۴۳۸۷۱
۲۰۰۸	۱۵۴٫۴۶۶۶	۵۰۷۳۱٫۵۱	۲۸٫۵۲۹۶۸	۰٫۳۹۰۲۹	۰٫۰۱۳۰۳۱	۷۳٫۰۵۵۲۲	۱۱۰۷۳۵۷	۲۵٫۱۰۰	۲۹۷٫۴۳۳۸	۲۱٫۲۱۳۲۱	۱۰۷۶۱۷۸
۲۰۰۹	۱۵۴٫۴۵۶۳	۵۱۸۰۳	۲۸٫۸۶۸۰۴	۰٫۳۸۷۹۲	۰٫۰۱۲۸۶۴	۷۳٫۹۹۴۷۱	۱۱۴۲۱۱۹	۲۵٫۷۰۹	۲۹۹٫۷۶۹۸	۲۱٫۴۴۴۱۵	۱۱۱۰۸۷۱
۲۰۱۰	۱۵۴٫۲۱۸۹	۵۲۸۸۶٫۱۷	۲۹٫۲۱۲۳۲	۰٫۳۸۵۵۱	۰٫۰۱۲۷۰۰۲	۷۴٫۹۳۴۴۵	۱۱۷۸۰۹۴٫۱۳	۲۶٫۳۳۰	۳۰۱٫۶۶۲۷	۲۱٫۶۸۳۸۱	۱۱۴۶۷۷۴
۲۰۱۱	۱۵۲٫۸۸۵۶	۵۳۸۷۷٫۵۱	۲۹٫۵۶۲۵۳	۰٫۳۸۳۰۶	۰٫۰۱۲۵۴۱	۷۵٫۸۷۴۱۲	۱۲۱۴۶۸۳٫۸	۲۶٫۹۶۱	۳۰۱٫۳۹۱۳	۲۱٫۹۶۲۶	۱۱۸۳۲۹۰٫۴
۲۰۱۲	۱۵۴٫۳۷۷۴	۵۵۱۰۵٫۰۹	۲۹٫۹۰۶۴۴	۰٫۳۸۰۶۵	۰٫۰۱۲۷۱۲	۷۶٫۸۳۸۴۹	۱۲۵۱۵۸۵	۲۷٫۵۸۰	۳۰۶٫۶۹۳۶	۲۲٫۱۴۱۶۵	۱۲۲۰۱۱۸
۲۰۱۳	۱۵۴٫۶۴۴۶	۵۵۸۸۲٫۰۱	۳۰٫۰۷۳۸۶	۰٫۳۷۹۴۸	۰٫۰۱۷۴۸۱۰	۷۸٫۱۸۱۶۳	۱۲۸۸۶۴۴٫۵	۲۷٫۸۸۲	۳۰۹٫۵۹۳۱	۲۲٫۴۹۵۶۷	۱۲۵۷۱۰۳٫۲۵
۲۰۱۴	۱۵۴٫۶۹۶۹	۵۶۹۵۱٫۰۶	۳۰٫۴۲۱۸۴	۰٫۳۷۷۰۵	۰٫۰۱۲۶	۷۹٫۱۶۶۷۲	۱۳۲۵۷۸۴	۲۸٫۵۰۹	۳۱۲٫۰۶۹۸	۲۲٫۷۲۴۲۲	۱۲۹۴۱۶۸

جدول ۶. تحلیل نتایج خروجی از شبیه سازی.

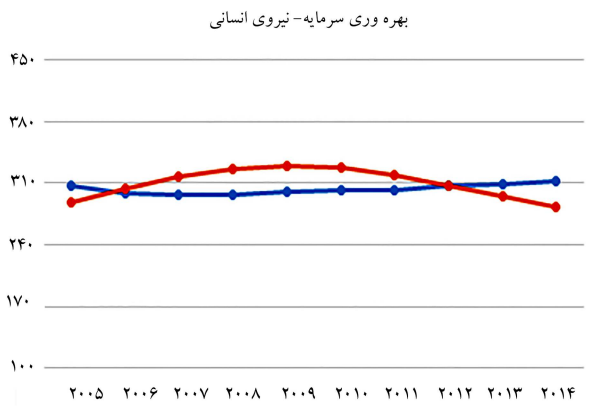
نام شاخص	جذر میانگین مربعات درصد خطاها	دقت پیش‌بینی
بهره‌وری کل عوامل	٪۶٫۸	٪۹۳٫۲



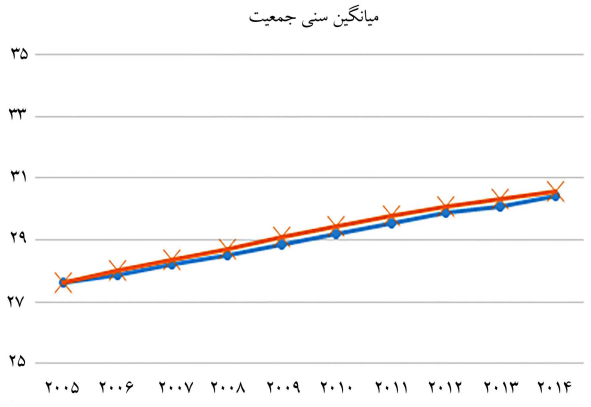
شکل ۴. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی بهره‌وری کل عوامل.



شکل ۵. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی بهره‌وری نیروی انسانی.



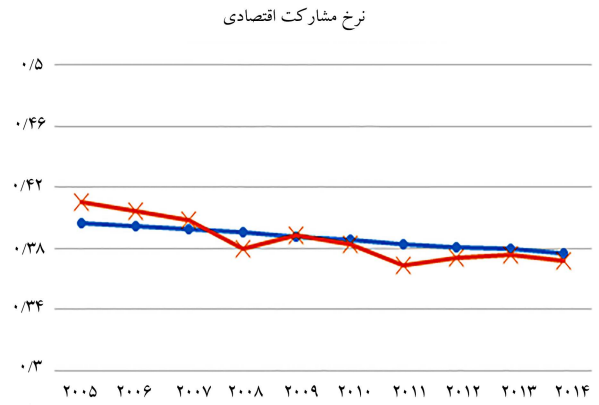
شکل ۶. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی بهره‌وری سرمایه-نیروی انسانی.



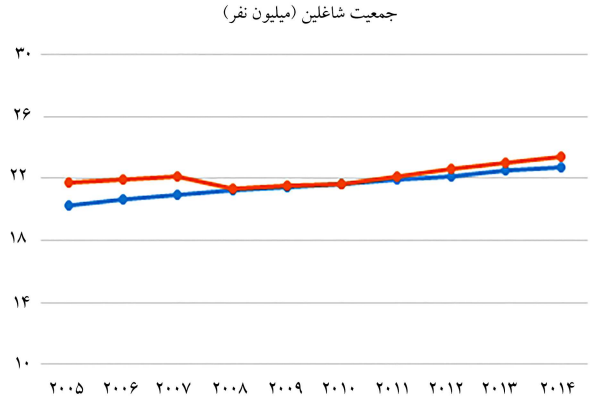
شکل ۷. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی میانگین سنی جمعیت کشور.

۳.۴. انتخاب سیاست‌گذاری

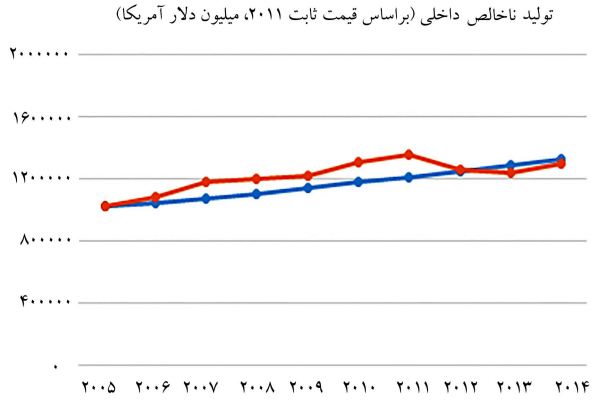
با توجه به سه متغیر مستقل در مدل، سیاست‌های پیشنهادی نیز بر تغییر مقادیر این دو متغیر استوار شده است. در اینجا پنج‌دسته سیاست پیشنهادی ایجاد می‌شود:



شکل ۸. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی میزان مشارکت اقتصادی.



شکل ۹. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی میزان جمعیت شاغلان.



شکل ۱۰. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی تولید ناخالص داخلی.

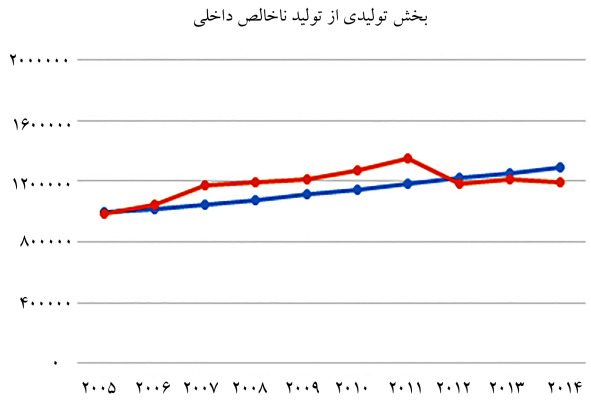
۱. تغییر در نرخ رشد جمعیت بدون تغییر در دیگر ورودی‌ها؛

۲. تغییر در شاخص سرمایه‌ی انسانی بدون تغییر در دیگر ورودی‌ها؛

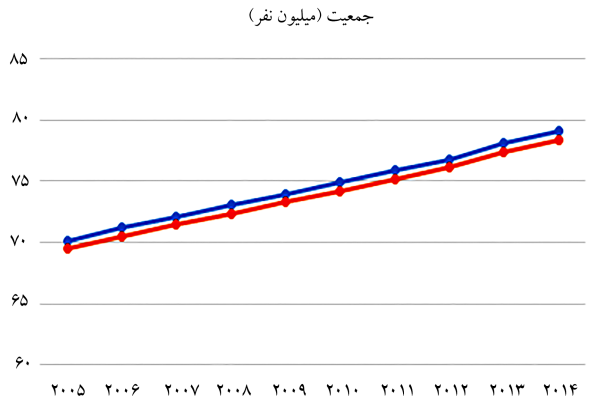
۳. تغییر در حجم سرمایه‌های فیزیکی بدون تغییر در دیگر ورودی‌ها؛

۴. تغییر در بیش از یکی از متغیرها به طور هم‌زمان.

نتایج حاصل از سیاست‌های دسته‌ی اول نشان‌دهنده‌ی تغییر در بهره‌وری کل عوامل است. اما با توجه به وجود زنجیره‌ی مثبت و منفی نتیجه‌ی افزایش یا کاهش سیاست به طور واضح مشخص نیست و باید سیاست‌های نوع اول با احتیاط و دقت کامل



شکل ۱۱. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی بخش تولیدی تولید ناخالص داخلی.



شکل ۱۲. نمودار مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی و واقعی جمعیت.

انتخاب شوند؛ زیرا مقدار تعیین شده برای آنها تعیین‌کننده‌ی بهبود یا نقصان در بهره‌وری کل عوامل خواهد بود.

دسته‌ی دوم سیاست‌ها حاکی از تغییر در بهره‌وری کل عوامل با توجه به تغییر شاخص سرمایه‌های انسانی است. این‌گونه سیاست‌ها نیز مانند دسته‌ی اول باید با احتیاط انتخاب شوند. زیرا از یک طرف به دلیل حضور در مخرج کسر محاسبه‌کننده‌ی بهره‌وری کل عوامل باعث کاهش آن خواهد شد و از طرف دیگر، به دلیل افزایش سطح سواد آحاد جامعه باعث افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود که منجر به بهبود بهره‌وری کل عوامل به دلیل حضور در صورت کسر محاسبه‌کننده‌ی آن خواهد شد. به همین دلایل باید مقدار تعیین شده برای این شاخص هدفمند و دقیق باشد تا در نهایت منجر به بهبود بهره‌وری کل عوامل شود.

دسته‌ی سوم سیاست‌ها افزایش حجم سرمایه‌ی فیزیکی است که از یک طرف باعث کاهش بهره‌وری سرمایه ـ نیروی انسانی به دلیل حضور در مخرج کسر محاسبه‌ی آن می‌شود و از طرف دیگر باعث افزایش تولید ناخالص داخلی خواهد شد که منجر به افزایش بهره‌وری سرمایه از طریق افزایش بهره‌وری نیروی انسانی می‌شود و همچنین از طرف دیگر با ایجاد فرصت‌های شغلی منجر به کاهش بهره‌وری نیروی انسانی در صورت عدم تغییر در تولید ناخالص ملی می‌شود. به دلیل وجود تغییرات زیاد در زنجیره‌های ذکر شده، دقت در انتخاب سیاست اجرایی بسیار مهم است.

نتیجه‌ی اجرای دسته‌ی چهارم سیاست‌ها نیز به دلیل تغییر در چند شاخص به هیچ صورت قابل پیش‌بینی نیست و باید حتماً سیاست تعیین شده کلیه‌ی جزئیات

مربوط به هر پارامتر را تعیین کند تا بتوان نتیجه‌ی آن را بررسی کرد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به مدل طراحی شده و مباحث مطرح شده، مشخص می‌شود که بهبود بهره‌وری کل عوامل در کشور نیازمند بررسی بسیار دقیق و از پیش طراحی شده و بررسی شده است.

به نظر می‌رسد، که سطح سواد عمومی افزایش قابل‌توجهی داشته است و از طرف دیگر سیاست‌های کلان کشور افزایش بهره‌وری از طریق ترغیب به استفاده از کالاهای ایرانی و اجبار تولیدکنندگان به افزایش کیفیت برای رضایت از محصول و ادامه‌ی روند تولید را توسعه داده‌اند و همچنین رونق تولید (افزایش سرمایه‌های فیزیکی) را تشویق کرده و در مباحث جمعیت‌شناختی نیز مردم را به بچه‌دار شدن و افزایش نرخ رشد جمعیت ترغیب می‌کنند؛ اما بر اساس نتایج این مقاله، باید اجرای سیاست‌های خرد با دقت بیشتر و هدفمندتر صورت پذیرد تا منجر به نتیجه‌ی معکوس و کاهش بهره‌وری نشود.

سیاست‌های مورد تأکید اغلب کشورها نیز مؤید این نتایج است؛ زیرا همه‌ی جوامع نگران پیرشدن جمعیت خود (افزایش میانه و میانگین سنی جمعیت) هستند و به دنبال افزایش نرخ خالص رشد جمعیت خود هستند. همچنین از طرف دیگر همه‌ی کشورها به دنبال تشویق سرمایه‌گذاری و تولید اشتغال برای کاهش میزان بیکاری برای افزایش بهره‌وری خود هستند و سیاست افزایش سطح سواد جامعه نیز در همه‌ی کشورها با ارائه‌ی کمک‌هزینه‌های تحصیلی به ویژه در تحصیلات تکمیلی به وفور دیده می‌شود. ولی همان‌گونه که تشریح شد، باید همه‌ی موارد مذکور با دقت و ظرافت خاصی انتخاب شود تا از ایجاد نتیجه‌ی معکوس جلوگیری شود.

با توجه به این‌که مدل مذکور فقط برای دوره‌ی ۱۰ ساله‌ی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ و کشور ایران طراحی شده است، بهتر است محققان برای دوره‌های طولانی‌تر و دیگر کشورها این مدل را طراحی کنند.

پانوشت‌ها

1. Total Factor Productivity(TFP)
2. Solow
3. single factor productivity
4. harvard business review
5. social(S)
6. technologic(T)
7. economic(E)
8. politic(P)
9. vensim
10. Karl Marx
11. Adam Smith
12. Joseph Schumpeter
13. Cobb-Douglas
14. Fernandez
15. inter-American development bank
16. labor productivity(LP)
17. capital labor productivity (KLP)
18. total factor productivity(TFP)
19. Bils and Klenow
20. Free
21. Just In Time
22. www.amar.org.ir
23. www.worldbank.org
24. root mean squared percentage error (RMSPE)

منابع (References)

1. Solow, R.M. "Technical change and the aggregate production function", *The review of Economics and Statistics*, pp. 312-320. (1957).
2. Wetter, J.J., *The Impacts of Research and Development Expenditures: The Relationship Between Total Factor Productivity and U.S. Gross Domestic Product Performance*. Springer New York. (2010).
3. Shao, L. and et al. "An empirical analysis of total-factor productivity in 30 sub-sub-sectors of China's nonferrous metal industry", *Resources Policy*, **50**, pp. 264-269 (2016).
4. Ma, J. and et al. "Technical efficiency and productivity change of China's iron and steel industry", *International Journal of Production Economics*, **76**(3), pp. 293-312 (2002).
5. Forrester, J.W. "Industrial dynamics a major breakthrough for decision makers", *Harvard Business Review*, **36**(4), pp. 37-66 (1958).
6. Forrester, J.W. "Industrial Dynamics. MIT Press" (1980).
7. Forrester, J.W. "Urban Dynamics. Pegasus Communications" (2002).
8. Forrester, J.W. "World Dynamics. Wriht-Allen Press" (1971).
9. Drew, D.R. and Hsieh, C., *A Systems View of Development*. Taipei, Taiwan: Cheng Yang Publishing Company (1984).
10. Mella, P., *Systems Thinking: Intelligence in Action*, Springer Milan (2012).
11. Tegegne, W.A., Moyle, B.D. and Becken, S. "A qualitative system dynamics approach to understanding destination image", *Journal of Destination Marketing & Management*, **8**, pp. 14-22 (2018).
12. Asere, L. and Blumberga, A. "Government and municipality owned building energy efficiency system dynamic modelling", *Energy Procedia*, **72**, pp. 180-187 (2015).
13. Coyle, R.G., *System Dynamics Modelling: A PRACTICAL APPROACH. Taylor & Francis* (1996).
14. Kunc, M., *System Dynamics: Soft and Hard Operational Research. Palgrave Macmillan UK* (2017).

15. Otto, P., *Understanding the misbehavior of brand strategies : A dynamic modeling approach*. State University New York Albany (2002).

16. Teymouri, E. and Farahani, M.M. "Introduction to modeling socioeconomic systems", *Tehran: University of Science and Industry* **1**, pp. 371 (2008). (In Persian).

17. Shin, S.-i. "A system dynamics for total productivity measurement of the manufacturing system: its implications for JIT", *In Industrial and Systems Engineering*, **138**, pp.265-269, Blacksburg: Virginia (1991).

18. Shepherd, S.P. "A review of system dynamics models applied in transportation", *Transportmetrica B: Transport Dynamics*, **2**(2), pp. 83-105 (2014).

19. van den Belt, M., Mediated Modeling: A System Dynamics Approach To Environmental Consensus Building. Island Press. (2004).

20. Sterman, J. "Business dynamics : systems thinking and modeling for a complex world", McGraw-Hill. 982 (2010).

21. Doebelin, E., *System Dynamics: Modeling, Analysis, Simulation, Design. Taylor & Francis* (1998).

22. Ruth, M. and Hannon, B. *Modeling Dynamic Economic Systems*, Springer New York,(2012).

23. Garcia, J.M. *Practical exercises of system dynamics: system dynamic*. Simulation and models with Vensim PLE. Preface John Sterman. Unknown Publisher (2017).

24. Cobb, C.W. and Douglas, P.H. "A theory of production", *The American Economic Review*, **18**(1), pp. 139-165 (1928).

25. Saliola, F. and Seker, M. "Total factor productivity across the developing world, in productivity", *World Bank.***23**, pp.1-8 (2011).

26. in Latin America and the Caribbean: A Database. Inter-American Development Bank: Washington, DC. (2014).

27. Bils, M. and Klenow, P. "Does schooling cause growth?", American Economic Reviw, **90**, pp. 1160-1183 (2000).

28. Mashayekhi, A.N. "Strategy of economic development in Iran : a case of development based on exhaustible resources", *In Sloan School of Management*, MIT: USA (1978).

29. Fiddaman, T. "A feedback-rich climate-economy model", *In 16th International Conference of the Systems Dynamics Society*, Quebec. (1998).

30. Pourmasoumi, S. "A system dynamics model for analysing the economy-energy of Iran", *Industrial Engineering & Management Sharif*, **(2)**, pp. 71-87 (2010). (In Persian)

31. and Morovati-SharifAbadi, A. Dadkhah, H., Bakhshi-Dastjerdi, R. "A system dynamics model for land value taxation in economy of Iran", *Journal of Economic Research*, **49**(3), pp. 499-521 (2014). (In Persian)

32. Manzour, D. and Rezaei, H. "Investigating the effects of fuel prices of power plants on pollution and greenhouse gas emissions: system dynamics approach", *Journal of Iranian Energy Economics*, **3**, pp. 215-199 (2013).

33. Moosavi-Haghighi, M.H. and Rajabi, A. "Modeling the effect of energy intensity changes in industrial sector on the economic and environmental indices: a system dynamics approach", *Journal of Research in Economic Modeling*, **3**(12), pp. 103-134 (2013).

34. Abdel-Hamid, T.K. and Madnick, S. "Software productivity: potential, actual, and perceived", *System Dynamics Review*, **5**(2), pp. 93-113 (1989).

35. National-Statistics, The ONS Productivity Handbook: A Statistical Overview and Guide. Great Britain. Office for National Statistics: Palgrave Macmillan. (2007).

36. OECD, Measuring Productivity MEASUREMENT OF AGGREGATE AND INDUSTRY-LEVEL PRODUCTIVITY GROWTH, in OECD Manual. OECD. (2001).

37. Sushil, S., "System dynamics: a practical approach for managerial problems. wiley eastern limited" (1993).