

بررسی اثر اقتصاد دانش‌بنیان بر رشد تولیدات در ایران با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی و الگوریتم کرم شب‌تاب^۱

داود بهبودی^۲، نینا میرانی^۳ و نازیلا محرم جودی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۱۵

چکیده

در فضای رقابتی کنونی، رشد تولیدات و تثبیت نوسانات اقتصادی، از مهمترین اهداف اقتصاد کلان هر کشور می‌باشد. استفاده از شاخص‌های اقتصاد مبتنی بر دانش یا دانش‌بنیان به عنوان یکی از مهمترین ابزارهای مدیریت تقاضا می‌تواند در تحقق این مهم نقش مؤثری ایفا نماید. دانش به عنوان اصلی‌ترین نوع سرمایه تلقی می‌شود و رشد اقتصادی ریشه در انباشت دانش دارد، زیرا انباشت دانش منشأ فناوری، نوآوری و کارآفرینی است. از این رو، با در نظر گرفتن شرایط اقتصاد ایران، بررسی اثرات شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان بر رشد تولیدات

۱. شناسه دیجیتال (DOI): 10.2251edp.2017.11965.1058

۲. استاد دانشگاه تبریز، دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی، گروه اقتصاد؛ dbehbudi@gmail.com

۳. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز، دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی (نویسنده مسئول)؛
nina_mirani2003@yahoo.com

۴. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه تبریز، دانشکده اقتصاد، مدیریت و بازرگانی؛
moharamjoudi@yahoo.com

می‌تواند حائز اهمیت باشد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی چگونگی اثرگذاری ابعاد اقتصاد دانش بنیان بر رشد تولیدات در اقتصاد ایران در چارچوب مدل‌های متعارف رشد اقتصادی می‌باشد. به لحاظ روش‌شناسی، در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های سری زمانی اقتصاد ایران در طول دوره زمانی ۹۱-۱۳۵۳ که از اطلاعات و داده‌های بانک مرکزی استخراج گردید، نقش شاخص‌های اقتصاد دانش بنیان شامل آموزش و منابع انسانی، زیر ساخت اطلاعات و ارتباطات، موجودی سرمایه و درجه باز بودن تجاری بر رشد تولیدات با بهره‌گیری از الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) و الگوریتم کرم شب تاب (FA) مورد آزمون تجربی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های پژوهش، روابط مفروض در فرضیه‌های پژوهش، شامل اثرات مثبت اقتصاد دانش و ابعاد آن در رشد تولیدات داخلی اقتصادی، مورد پذیرش واقع شد.

واژگان کلیدی: اقتصاد دانش‌بنیان، رشد تولید، مدیریت دانش، الگوریتم جستجوی گرانشی، الگوریتم کرم شب تاب

طبقه‌بندی JEL: E80, D23.

۱. مقدمه

افزایش ظرفیت‌های تولیدی به عنوان یکی از معیارهای عملکرد کلان اقتصادی، همواره مورد توجه اقتصاددانان بوده است. مطالعات اولیه در اقتصاد، عمدتاً بر نقش اساسی عوامل فیزیکی تولید، مانند سرمایه فیزیکی و نیروی کار در فرایند تولید تأکید داشتند، اما با گسترش مفهوم سرمایه (شامل سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی) در علوم اقتصادی، عوامل مؤثر دیگری نیز در جریان رشد تولید شناسایی شدند (پارتا و دیوید^۱، ۱۹۹۴). یکی از این عوامل، بهره‌وری منابع تولید است که تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله دانش قرار می‌گیرد. دانش، ذخیره انباشته شده‌ای از اطلاعات و مهارت‌ها است که از مصرف اطلاعات توسط گیرنده آن حاصل می‌شود. همان‌طور که از تعریف دانش می‌توان دریافت، بهره‌وری می‌تواند تحت تأثیر جنبه‌های متفاوتی از دانش مانند آموزش

رسمی و غیررسمی، مهارت‌ها و قوانین قرار گیرد که به دنبال آن، تولید نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در نتیجه می‌توان از دانش به عنوان عامل مهمی در افزایش بهره‌وری و رشد تولید نام برد. نویسندگان حوزه علوم اقتصادی از چنین تحولی که اثرات اقتصادی دانش در سازمان‌ها بسیار ملموس شده و توسعه سازمان بر اساس توسعه دانش صورت گیرد، تحت عنوان «اقتصاد دانش‌بنیان»^۱ یاد می‌کنند. اقتصاد مبتنی بر دانش، اقتصادی است که در آن خلق دانش و استفاده و بهره‌برداری از آن در جهت ایجاد ثروت و به تبع آن رشد و توسعه اقتصادی نقش غالب را ایفا می‌نماید (منسفیلد و همکاران^۲، ۱۹۹۱).

جهان پس از گذر از انقلاب‌های مختلف شاهد انقلاب اطلاعاتی بوده که در آن منبع ارزشمند خلق ثروت و درآمد، دانش است که اهمیت روزافزون آن در عصر دانایی موجب شکل‌گیری اقتصاد دانش‌بنیان شده است (زاهدی و خیراندیش، ۱۳۸۶). از آنجا که با استفاده از فناوری‌های جدید، قدرت تولید (بهره‌وری) و بازده تولید زیاد می‌شود، لذا دولت‌های جهان اعم از صنعتی و در حال توسعه مصمم شده‌اند تا آموزش و کسب مهارت‌ها را به سمت اقتصاد دانش‌بنیان متحول سازند. چرا که اقتصاد دانش‌بنیان نه تنها اشتغال را افزایش می‌دهد، بلکه به کمک ارتقاء بهره‌وری، از تورم کاسته و درآمدها را افزایش می‌دهد (صادقی و آذربایجانی، ۱۳۸۵).

رشد اقتصادی یک کشور وابسته به عوامل متعددی است که در این میان، نقش دانش در آن غیر قابل انکار می‌نماید. مطالعات بسیاری نشان داده است که تولید ناخالص داخلی کشورها در اغلب موارد تحت تأثیر زیر ساخت‌های دانشی یک کشور می‌باشد. به طوری که با افزایش بهره‌وری، بی‌شک تولید ناخالص داخلی کشورها نیز افزایش خواهد یافت. بهره‌وری می‌تواند تحت تأثیر جنبه‌های متفاوتی از دانش مانند آموزش رسمی و غیر رسمی، مهارت و قوانین قرار گیرد (بهبودی و امیری، ۱۳۸۹). ذکر این نکته ضروری است که اصطلاح اقتصاد دانش‌بنیان به کل ساختار اقتصادی که در حال رشد است، نه به هر یک از پدیده‌ها یا ترکیبی از آنها به تنهایی اطلاق می‌گردد (نیوندی، ۱۳۸۳).

فرایند تولید، تأثیرپذیری زیادی از سطح دانش اقتصاد دارد. در عمل، ارتقای سطح دانایی می‌تواند: مدیریت بنگاه را کارآمدتر کند؛ روش‌های مرسوم در فرایند تولید را بهینه نماید؛ و سازمان‌ها و تشکیلات را اثربخش‌تر کند.

ارتقای کیفیت محصول زمینه دیگری است که دانایی به عنوان یک عامل مهم، رشد و توسعه اقتصادی را متأثر می‌نماید. تأثیرگذاری در این ارتباط می‌تواند به صورت تولید محصول جدید، کیفیت بهتر محصول فعلی، انطباق بیشتر محصول با نیازها و سلیقه مصرف‌کنندگان نمود داشته باشد (ناظمان، اسلامی‌فر، ۱۳۸۹).

بنابراین بررسی رابطه دانش و رشد تولید از اهمیت خاصی برخوردار است. نتایج مطالعاتی از این قبیل، می‌تواند برنامه‌ریزان و سیاستگذاران را در تهیه و تدوین سیاست‌های مربوط به بخش دانش و افزایش ظرفیت تولیدی یاری کند.

از آنجا که در بیشتر مطالعات اقتصادی مربوط به بخش دانش، تنها یک یا چند جنبه آن بررسی شده، هدف این مقاله بررسی رابطه بلندمدت بین محورهای مختلف دانش در چارچوب اقتصاد دانش‌بنیان و رشد تولید در ایران است. در این راستا، از شاخص‌های ارائه شده برای ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان در برنامه دانش برای توسعه^۱ بانک جهانی استفاده خواهد شد. سؤال مطرح‌شده در این مقاله، آن است که آیا محورهای مختلف دانش، باعث افزایش رشد تولید در ایران می‌شود؟ در این چارچوب، این فرضیه که «محورهای مختلف دانش، رشد تولیدات ایران را افزایش می‌دهند»، آزمون می‌شود. سازماندهی مباحث مقاله در ادامه به شرح زیر است: بعد از مقدمه و در بخش دوم، مبانی نظری پژوهش مورد بررسی قرار گرفته، در بخش سوم، پیشینه پژوهش مرور شده، در بخش چهارم، روش پژوهش معرفی شده، در بخش پنجم، تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج مربوط به تخمین مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در بخش پایانی نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲. مبانی نظری پژوهش

۲-۱. رشد اقتصادی مبتنی بر دانش

دستیابی به رشد اقتصادی بالا یکی از اولویت‌های مهم سیاستگذاری در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم، در بیشتر کشورها بویژه در کشورهای در حال توسعه بوده و هدف نظریه‌های رشد اقتصادی، تبیین عوامل مؤثر بر رشد و تفاوت در ماهیت نرخ رشد کشورها است. با آغاز دهه ۱۹۹۰ میلادی مبنای متفاوتی برای توسعه اقتصادی کشورها ارائه شد (صادقی و آذربایجانی، ۱۳۸۵). در کشورهای پیشرفته مبتنی بر اقتصاد دانش

بنیان، تعامل حرکت توسعه‌ای با تحولات دانشی در فرایند تولید کالاها و خدمات در این کشورها شدت یافت. اضافه شدن عامل دانش به سایر عوامل تولید، تحولی را به وجود آورد که به آن اقتصاد دانش بنیان، اقتصاد شبکه و در تلفیق با جهانی شدن، اقتصاد نوین گفته می‌شود (باصری و همکاران، ۱۳۹۰).

توجه به نقش دانش در اقتصاد و رشد اقتصادی موضوع جدیدی نیست، به نحوی که آدام اسمیت^۱ در قرن هیجدهم به نقش تخصص در تولید و اقتصاد توجه داشته و فردریک لیست^۲ تأکید نموده که خلق و توزیع دانش به بهبود کارایی در اقتصاد کمک شایان توجهی می‌کند. طرفداران شومپیتر^۳ نظیر هیرشمن^۴، گالبرایت^۵ و گودوین^۶ به نقش ابداع و نوآوری در پویایی اقتصاد توجه خاصی داشته و رومر و گروسمن^۷ نیز با ارایه نظریه جدید در زمینه سرمایه انسانی، نقش عمده‌ای برای علم و دانش در رشد بلندمدت اقتصادی قائل می‌شوند (معمارنژاد، ۱۳۸۴). بعضی از اقتصاددانان با توجه به استدلال‌هایی که داشته و شواهدی که می‌آورند، فاز جدید توسعه را اقتصاد دانش می‌نامند. بعضی دیگر از اقتصاددانان با عنایت به ظهور اقتصاد دانش به عنوان فاز جدید توسعه اقتصادی و مبتنی بر دانش شدن سیستم‌های اقتصادی، نظریه اقتصاد مبتنی بر دانش یا نظریه اقتصاد یادگیری را مطرح کرده‌اند. جامعه جهانی به طور عام و جوامع توسعه یافته به طور خاص در حال ورود به مرحله جدیدی از توسعه هستند که اصطلاحاً جامعه دانش و سامانه اقتصادی آن را اقتصاد دانش می‌گویند. به هر سامانه اقتصادی در این مرحله از توسعه اصطلاحاً اقتصاد مبتنی بر دانش می‌گویند (انتظاری، ۱۳۸۳).

۲-۲. اقتصاد دانش بنیان

اصطلاح اقتصاد دانش بنیان از نظر سازمان همکاری و توسعه اقتصادی^۸ (۱۹۹۶) اقتصادی است که مستقیماً بر اساس تولید، توزیع و مصرف دانش شکل گرفته باشد و

1. Adam Smith

2. Friedrich List

3. Schumpeter

4. Hirschman

5. Galbraith

6. Godwin

7. Romer and Grossman

8. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)

سرمایه‌گذاری در دانش و صنایع دانش پایه، مورد توجه خاص قرار گیرد (معمارنژاد، ۱۳۸۴). در اقتصاد دانش بنیان، دانش محرک اصلی رشد، ایجاد ثروت و اشتغال در تمامی رشته‌های فعالیت‌ها است. براساس این تعریف، اقتصاد دانش بنیان تنها بستگی به تعداد محدودی صنایع مبتنی بر فناوری بسیار پیشرفته ندارد، بلکه در این نوع اقتصاد، کلیه فعالیت‌های اقتصادی به شکلی بر دانش متکی است، حتی فعالیت‌هایی نظیر معدن و کشاورزی که اقتصاد قدیمی خوانده می‌شوند (وحیدی، ۱۳۸۱).

در این اقتصاد که سهم قابل توجهی از تولید ناخالص داخلی از رشته‌های فعالیت‌های مبتنی بر دانش و دانش بر مانند صنایع با فناوری برتر و متوسط و خدمات مالی و تجاری دانش بنیان است، دانش بیش از عوامل سنتی نظیر کار و سرمایه موجب تولید می‌شود و ارزش بسیاری از شرکت‌های نرم افزاری و فناوری زیستی، نه ناشی از دارایی‌های فیزیکی آنان، بلکه ناشی از سرمایه‌هایی غیر آنها یعنی دانش، مجوزها و امتیازهای علمی آنها می‌باشد (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۵؛ نوناکا و همکاران^۱، ۲۰۰۰؛ ویلسون و جارزابکوسکی^۲، ۲۰۰۶).

بر این اساس، دانش را می‌توان ذخیره انباشته شده‌ای از اطلاعات و مهارت‌ها دانست که از مصرف اطلاعات توسط گیرنده اطلاعات حاصل می‌شود (زاک^۳، ۱۹۹۹؛ ای پی ای سی^۴، ۲۰۰۰؛ او ای سی دی^۵، ۱۹۹۶).

۳-۲. ابعاد اقتصاد دانش بنیان

برای توسعه و شناخت اقتصادهای دانش بنیان که می‌توانند نیازهای دانشی جدید جوامع را برآورده سازند، به شناسایی ابعاد دانشی جامع‌تری نیاز است (منوریان و همکاران، ۱۳۸۶). برای اندازه‌گیری میزان دانش بنیان بودن اقتصاد کشورها، شاخص‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مهمترین آن شاخصی است که بانک جهانی تحت عنوان روش تخمین دانش ارایه کرده که شامل ۵ بخش اصلی عملکرد اقتصادی، محرک‌های اقتصادی و رژیم‌های نهادی، آموزش و منابع انسانی،

1. Nonaka, *et al.*

2. Wilson & Jarzabkowski

3. Zack

4. APEC

5. OECD

سیستم ابداعات و زیرساخت‌های اطلاعاتی می‌باشد که در پژوهش حاضر از این شاخص‌ها استفاده شده‌اند.

استیونس^۱ دانش را به دو نوع نظری و عملی تقسیم می‌کند و دانش نظری را دانش رمزبندی شده قابل تبدیل به اطلاعات و دانش عملی را شامل مهارت‌هایی از قبیل بینش و آفرینش تعریف می‌نماید (استیونس، ۱۹۹۷). بر همین اساس نیز اقتصاد دانش بنیان در تقسیم‌بندی‌های انجام گرفته دارای ۴ پایه و رکن می‌باشد که توسعه دانش و استفاده مؤثر از دانش را در بر می‌گیرد. در این بخش به طور خلاصه، پایه‌ها یا ابعاد اساسی اقتصاد دانش بنیان را بررسی می‌نماییم.

الف) نیروی کار آموزش دیده و متخصص

برای خلق، تحصیل، انتشار و بهره‌مندی از دانش، نیروی آموزش دیده و متخصص ضروری می‌باشد؛ چرا که افراد آموزش دیده باعث افزایش بهره‌وری عوامل تولید و در نهایت، موجب رشد اقتصادی می‌شوند. آموزش می‌تواند به منظور تشخیص آنچه بنگاه‌ها یا اقتصاد برای انجام فرایندهای خود نیاز دارند و همچنین تطبیق فناوری‌های جدید با تقاضاهای داخلی مؤثر باشد، که این خود نیز به دلیل استفاده از فناوری‌های متعدد می‌تواند محرکی برای نوآوری و طراحی محصولات جدید مطابق با فرهنگ خاص یک کشور باشد (چن و داهلمن^۲، ۲۰۰۴). بیشتر مطالعات تجربی انجام گرفته در حوزه رشد و توسعه، در کشورهای مختلف، بر روی بازده کارکنان و سرمایه انسانی تمرکز یافته است (هانوشک و کیمکو^۳، ۲۰۰۰؛ بارو^۴، ۱۹۹۱؛ سولو^۵، ۱۹۵۷).

ب) سیستم کارای نوآوری و ابداعات

تئوری‌های اقتصادی بیان می‌کنند که پیشرفت فنی منبع مهمی برای رشد بهره‌وری است و یک سیستم نوآوری کارا کلید پیشرفت فنی است (پیلات و لی^۶، ۲۰۰۱؛ رومر^۷، ۱۹۸۶). یک سیستم نوآوری به شبکه‌ای از نهادها، قوانین و رویه‌هایی که کشورها برای

1. Stevens
2. Chen & Dahlman
3. Hanushek & Kimko
4. Barro
5. Solow
6. Pilat & Lee
7. Romer

تحصیل، خلق، انتشار و استفاده از دانش نیاز دارند، اشاره دارد. نهادها در سیستم نوآوری شامل دانشگاه‌ها، مراکز عمومی و خصوصی پژوهش و منابع سیاست‌گذاری و خط مشی‌گذاری است (آدامز^۱، ۱۹۹۰).

ج) زیر ساخت اطلاعاتی و ارتباطی مناسب

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در یک اقتصاد به در دسترس بودن، قابل اطمینان بودن و اثر بخشی کامپیوترها، تلفن‌ها، تلویزیون‌ها، مجموعه رادیوها و شبکه‌های مختلفی که به آنها متصل می‌باشند، بستگی دارد. بانک جهانی ICT را ترکیب سخت افزار، نرم افزار، شبکه و رسانه‌ها جهت دسته‌بندی کردن، ذخیره کردن، پردازش، ارسال و ارائه اطلاعات در اشکال صدا، داده، متن و تصاویر از طریق تلفن، فناوری رادیو، تلویزیون و اینترنت تعریف کرده است (بانک جهانی^۲، ۲۰۰۳). فناوری اطلاعات و ارتباطات ستون فقرات اقتصاد دانش بنیان می‌باشند و در سال‌های اخیر به عنوان ابزاری مؤثر برای بهبود و رشد اقتصادی و توسعه پایدار شناسایی و مدنظر قرار گرفته‌اند. فناوری اطلاعات و ارتباطات مزایای بسیاری دارد که از آن جمله می‌توان به کاهش هزینه‌ها، غلبه بر مرزهای جغرافیایی، افزایش جریان اطلاعات، کاهش عدم اطمینان در معاملات به دلیل دستیابی سریع به اطلاعات و افزایش رقابت‌پذیری اشاره کرد (اولینر و ساچل^۳، ۲۰۰۳).

د) رژیم نهادی و محرک اقتصادی

آخرین پایه اقتصاد بنیان، رژیم نهادی و محرک اقتصادی است. نظام اقتصادی دانش بنیان باید دارای کمترین میزان نوسان در قیمت باشد، تجارت جهانی آزاد بوده و صنایع داخلی نباید از قوانین حمایتی برخوردار باشند که این امر باعث افزایش رقابت و باعث کار آفرینی در اقتصاد داخلی می‌گردد. هزینه‌های دولت و بودجه کنترل شده و سیستم مالی، توانایی تخصیص منابع برای سرمایه‌گذاری‌های سالم را داشته باشد (چن و داهلمن^۴، ۲۰۰۴).

1. Adams
2. World bank
3. Oliner & Sichel
4. Chen & Dahlman

۳. پیشینه پژوهش

برخی از تحقیقاتی که در چند سال اخیر در زمینه اقتصاد دانش بنیان در داخل و خارج انجام گرفته و نتایج آن به صورت مکتوب منتشر شده است را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

شریر^۱ (۲۰۰۲) با استفاده از داده‌های کشورهای G7 طی دوره ۹۶-۱۹۸۵ بیان می‌کند که بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی این کشورها دارد.

ون استل و نئوونهیجسن^۲ (۲۰۰۴) طی مطالعه‌ای بر روی ۴۰ منطقه در هلند طی دوره ۹۵-۱۹۸۷ به این نتیجه رسیده‌اند که اثرات خارجی بین بخشی دانش در بخش خدمات دارای تأثیر مثبت بر رشد این مناطق بوده است.

چن و داهلمن^۳ (۲۰۰۴) طی مطالعه‌ای، تأثیر جنبه‌های مختلف دانش (در چارچوب اقتصاد دانش بنیان) را بر رشد اقتصادی ۹۲ کشور طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۶۰ بررسی می‌کنند. در این مطالعه برای هر یک از محورهای اقتصاد دانش بنیان از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود.

تان و هوی^۴ (۲۰۰۷) نیز در مقاله‌ای تحت عنوان «توسعه کشورهای آسیای جنوب شرقی به سمت اقتصاد دانش بنیان به روش تحلیل پوششی داده‌ها»، به بررسی شکاف دانش و کارآیی نسبی کشورهای انتخابی در انتقال به سمت اقتصاد دانش بنیان می‌پردازد. در این مقاله، عملکرد کشورهای انتخابی به دو روش نمودار راداری و تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

نتیجه مطالعه لیدرمن^۵ (۲۰۰۸) در مورد ۱۲۶ کشور طی دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۵ حاکی از تأثیر مثبت مخارج انجام شده در بخش تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی است.

سو و همکاران^۶ (۲۰۰۸) به بررسی سیاست‌های رقابتی به منظور نوآوری‌های تکنولوژیک در عصر اقتصاد مبتنی بر دانش توجه نموده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان‌دهنده تأثیر مثبت سیاست‌های رقابتی بر نوآوری‌های تکنولوژیک می‌باشد.

1. Schreyer

2. Van Stel & Nieuwenhuijsen

3. Chen & Dahlman

4. Tan & Hooy

5. Lederman

6. Hsu, *et al.*

کر و رایان^۱ (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی اقتصاد دانشی پرداخته‌اند. به بیان آنها، پیشرفت فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی و اهمیت یافتن دانش به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در رقابت پذیری و بهره‌وری سازمانی، الزامات خاصی را برای سازمان ایجاد می‌کند.

سابائو^۲ (۲۰۱۰) به بررسی انواع تعاریف و رویکردهای مختلف به موضوع اقتصاد مبتنی بر دانش و چگونگی اندازه‌گیری آن، همچنین نظریات مختلفی که در حوزه توسعه پایدار ارائه شده است، پرداخته‌اند.

صادقی و عمادزاده (۱۳۸۲) طی مطالعه‌ای، تأثیر آموزش بر رشد اقتصادی ایران را در بازه زمانی ۸۰-۱۳۴۵ بررسی نمودند. نتایج این مطالعه حاکی از تأثیر مثبت آموزش بر رشد اقتصادی ایران است.

مشیری و جهانگرد (۱۳۸۳) با استفاده از روش فضا-حالت^۳، تأثیر فناوری ارتباطات و اطلاعات بر رشد اقتصادی ایران را طی دوره زمانی ۸۰-۱۳۴۸ بررسی کردند. نتیجه این مطالعه حاکی از تأثیر مثبت ارتباطات و اطلاعات بر رشد اقتصادی ایران است.

عمادزاده و بکناش (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های بازه زمانی ۸۰-۱۳۴۵ مطالعه‌ای را در مورد تأثیر آموزش بر ارزش افزوده بخش صنعت در ایران انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که آموزش دارای تأثیر مثبت بر ارزش افزوده بخش صنعت است.

حسینی و همکاران (۱۳۸۴) در مقاله‌ای تحت عنوان «اقتصاد دانش و شکاف توسعه در ایران»، به بررسی شکاف عوامل تولید و همچنین شکاف دانش موجود در بین ۱۶ کشور انتخابی پرداختند. در این مطالعه از روش مقایسه اقتصاد دانش بانک جهانی (KMA) استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد ایران به لحاظ عوامل طبیعی، انسانی و مالی با کمبود مواجه نیست. بنابراین در قالب مقایسه بیان شده، اقتصاد دانش بنیان ایران با شکاف مواجه بوده است و به رغم وضعیت مناسب داده‌ها و ظرفیت‌های اقتصاد دانش، ستانده‌های آن در ایران پایین می‌باشد.

عمادزاده و همکاران (۱۳۸۵) در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی میزان تحقق اقتصاد دانش بنیان در ایران: مقایسه تطبیقی با کشورهای همسایه»، نشان دادند که گرچه ایران در سال‌های اخیر دستاوردهای ارزشمندی در زمینه بسترسازی فناوری اطلاعات و

1. Kerr & Riain
2. Sabau
3. State-Space

ارتباطات و آموزش داشته، ولی هنوز زیرساخت‌های لازم جهت دستیابی به اقتصاد دانش بنیان را کسب نکرده است.

مشیری و نیک‌پور (۱۳۸۶) اثر ارتباطات و اطلاعات و سرریزهای آن را در ۶۹ کشور طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳ بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که ارتباطات و اطلاعات تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی دارد.

نजारزاده و همکاران (۱۳۸۶) رابطه بین مخارج سرمایه‌گذاری شده در بخش ارتباطات و اطلاعات و رشد اقتصادی کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی را در دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۶ بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که بخش ارتباطات و اطلاعات دارای تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی این کشورها می‌باشد.

بهبودی و ممی پور (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای اثرات سرریز دانش ناشی از تجارت بین‌الملل را روی بهره‌وری کل عوامل تولید به تفکیک بخش‌های اقتصادی و با استفاده از روش داده‌های تابلویی طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۷۵ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله حاکی از رابطه مثبت و معنی‌دار هزینه‌های تحقیق و توسعه داخلی و واردات کالاهای واسطه‌ای و سرمایه‌ای با بهره‌وری کل عوامل تولید است.

ناظرمان و اسلامی فر (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «اقتصاد دانش بنیان و توسعه پایدار»، به بررسی طراحی و تنظیم یک مدل تحلیلی کلان برای ارزیابی رابطه دانش پایگی با توسعه اقتصادی پرداختند. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که در سطح جهانی، رابطه معنی‌داری میان توسعه اقتصادی و درجه دانش پایگی اقتصاد وجود دارد. باصری و همکاران (۱۳۹۰) نیز در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل تطبیقی نقش مؤلفه‌های اقتصاد دانش محور بر رشد اقتصادی»، به بررسی نقش مؤلفه‌های اقتصاد دانش بنیان در چهار حوزه عملکرد نظام اقتصادی، آموزش، نوآوری و ایجاد جریان دانایی و فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی ایران پرداختند. نتایج حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص‌های نوآوری و گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی بود.

امجدی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل تأثیر شاخص‌های اقتصاد دانش محور بر تولید ناخالص داخلی کشورها»، به بررسی تأثیر شاخص‌های اقتصاد دانش محور بر تولید ناخالص داخلی ۱۴۸ کشور پرداختند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که توسعه انسانی، رژیم اقتصادی و مشوق‌های اقتصادی، سیستم نوآوری و

ابداع، آموزش و منابع انسانی و زیر ساخت‌های اطلاعاتی بر تولید ناخالص داخلی کشورها تأثیر دارند.

دیزجی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان «تعیین جایگاه ایران در زمینه اقتصاد دانش بنیان در میان کشورهای منتخب»، به بررسی و ارزیابی جایگاه ایران و ۴۰ کشور انتخابی در زمینه اقتصاد دانش بنیان با استفاده از تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. بر پایه نتایج، ایالات متحده آمریکا، چین و سوئیس، به ترتیب در جایگاه اول، دوم و سوم قرار گرفتند. این ۳ کشور به همراه نروژ، سنگاپور، فنلاند و انگلیس دارای کارآیی واحد می‌باشند و ایران با مقدار کارآیی ۰/۰۹۴۶ در جایگاه ۲۹ در میان کشورهای انتخابی قرار گرفت.

جنگانی و همکاران (۱۳۹۲) اثر اقتصاد دانش بنیان را بر رشد اقتصادی ایران و مقایسه آن با کشورهای عضو OECD طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۱۱ بررسی کردند. نتایج مطالعه آنها حاکی از وجود رابطه مثبت میان رشد اقتصادی و شاخص‌های آموزش ابتدایی، سرمایه، سرانه رایانه و هزینه تحقیق و توسعه است.

مهربانی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه موردی بین کشورهای توسعه یافته، نوظهور و در حال توسعه، به بررسی اثر و رابطه بین اقتصاد دانش بنیان و بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۵ پرداختند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد دانش بنیان در ایران در مقایسه با کشورهای نمونه وضعیت مطلوبی ندارد. افزون بر این، رابطه مثبت و معناداری بین تقویت اقتصاد دانش بنیان و بهره‌وری کل عوامل تولید وجود دارد. از سوی دیگر، بررسی رابطه علیت، نشان از وجود یک رابطه علیت یک طرفه (از اقتصاد دانش بنیان به بهره‌وری) می‌باشد.

بر اساس مباحث مطرح شده، می‌توان از دانش به عنوان عامل مهمی در افزایش بهره‌وری و تولید ناخالص داخلی کشورها نام برد. بنابراین بررسی تأثیر شاخص‌های مختلف یک اقتصاد دانش بنیان بر تولید ناخالص داخلی کشورها دارای اهمیت می‌باشد. بر همین اساس نیز نتایج مطالعاتی از این قبیل می‌تواند سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان را در تهیه و تدوین سیاست‌های مربوط به بخش دانش و افزایش ظرفیت تولیدی یاری رساند. لازم به ذکر است که تفاوت مطالعه حاضر با سایر مطالعات مشابه انجام شده، غیرخطی در نظر گرفتن رابطه بین مؤلفه‌های اقتصاد دانش بنیان و رشد تولیدات در ایران است و در نهایت به این منجر می‌شود که نتایج حاصل از تخمین مدل به واقعیت

نزدیک‌تر باشد. به این منظور، از الگوریتم جستجوی گرانشی^۱ (GSA) و الگوریتم کرم شب تاب^۲ (FA) استفاده شده است.

۴. روش پژوهش

هدف اصلی این مطالعه، بررسی اثرات اقتصاد دانش بنیان بر رشد تولیدات در ایران با استفاده از داده‌های سری زمانی طی سال‌های ۹۱-۱۳۵۳ می‌باشد. در این راستا در این مطالعه، در قالب مدل زیر با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی و الگوریتم کرم شب تاب اثرات اقتصاد دانش بنیان بر رشد تولیدات در ایران بررسی شده است. برای این منظور، از مدل پایه‌ای اقتصادسنجی زیر که برگرفته از مبانی نظری، مطالعات تجربی تحقیق و مطالعات چن و داهلمن (۲۰۰۴) می‌باشد، استفاده شده است.

$$GDP_t = \alpha + \beta_1 HC_t + \beta_2 ICT_t + \beta_3 REG_t + \beta_4 CAP_t + e_t \quad (1)$$

که در آن، متغیرهای مورد استفاده در مدل تحقیق به شرح زیر است:

GDP: تولید ناخالص داخلی حقیقی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)

HC: آموزش و منابع انسانی

ICT: زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات

REG: رژیم نهادی و اقتصادی

CAP: موجودی سرمایه خالص به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)

e: جز اخلاص

t: دوره زمانی

محور سیستم ابداعات به علت عدم دسترسی به تعداد مشاهدات کافی از متغیرهای مورد نظر برای این بخش، به ناچار از مدل حذف شده است. بنابراین تأثیر سه محور از چهار محور دانش بر رشد بررسی می‌شود. همان‌طور که در بخش‌های قبلی گفته شد، در این مطالعه از چارچوب اقتصاد دانش بنیان برای بررسی محورهای مختلف دانش استفاده به عمل آمده و در این راستا، از معیارهای بانک جهانی برای اقتصادهای دانش بنیان بهره‌گیری شده و محورهای مورد بررسی به شرح زیر است:

1. Gravitational Search Algorithm
2. Firefly Algorithm

- (۱) محور آموزش و منابع انسانی: متغیرهای این بخش، کمیت و کیفیت دسترسی و استفاده از دانش را نشان می‌دهند. در این مطالعه، برای نشان دادن این محور از معیار نرخ باسوادی (HC) استفاده شده است.
- (۲) محور زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات: متغیرهای این محور، کارایی و اثربخشی توزیع دانش را نشان می‌دهند. برای نشان دادن این بخش از دانش، از معیار درصد خانوارهایی که دارای خطوط تلفن ثابت هستند، استفاده شده است. هرچند شاید بهتر باشد که برای نشان دادن این محور، از معیارهایی نظیر تعداد کامپیوتر، میزبانی اینترنتی و مخارج انجام شده برای بخش ICT استفاده کرد، لیکن از آنجا که در بخش قابل توجهی از دوره مورد بررسی (۱۳۹۱-۱۳۶۳) عملاً کامپیوتر شخصی و دسترسی به اینترنت وجود نداشت، لذا دسترسی به سری زمانی آنها مقدور نبوده و برای برخی دیگر از معیارها نیز داده‌های محدودی وجود دارد که در این بخش، از معیار درصد خانوارهای دارای خط تلفن ثابت استفاده شده است.
- (۳) محور رژیم‌های نهادی و اقتصادی: متغیرهای این بخش، هدایت‌کنندگی محیط کسب و کار را برای تولید و توزیع دانش نشان می‌دهند. این کار باعث می‌شود که استفاده از دانش در سیاستگذاری‌های اقتصادی بیشتر نمود پیدا کند که به نوبه خود، منجر به ایجاد محیطی شفاف و باثبات برای فعالیت‌های اقتصادی شده که باعث تخصیص بهینه منابع و انجام داد و ستدهای بیشتر می‌گردد. از این رو، برای نشان دادن این بخش از دانش، از معیار نسبت تجارت (مجموع صادرات و واردات) به تولید ناخالص داخلی به قیمت پایه و ثابت سال ۱۳۷۶ استفاده شده است. برای نشان دادن این محور، می‌باید از معیارهایی استفاده شود که کارایی و شفافیت قوانین و همچنین ثبات اقتصادی و رقابت در اقتصاد را نشان دهند. از جمله معیارهای استفاده شده در مقالات معتبر در این زمینه می‌توان به معیار موانع تعرفه‌ای و غیر تعرفه‌ای، معیار کیفیت قوانین، معیار نقش قوانین در اقتصاد و معیارهای باز بودن اقتصاد اشاره کرد. در این مقاله به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌ها، تنها از معیار باز بودن اقتصاد (نسبت تجارت به تولید ناخالص داخلی) استفاده شده است (بهبودی و امیری،

۱۳۸۹). در این مطالعه، همچنین برای نشان دادن موجودی سرمایه (CPA) از موجودی سرمایه خالص به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال) بهره‌گیری به عمل آمده است. در نهایت مدل استفاده شده در این مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

$$GDP_t = \alpha + \beta_1 HC_t + \beta_2 ICT_t + \beta_3 OP_t + \beta_4 CAP_t + \beta_5 DOP_t + e_t \quad (2)$$

در این مدل، از داده‌های مربوط به درجه باز بودن تجاری به جای متغیر رژیم‌های نهادی و اقتصادی استفاده شده و قابل ذکر است که منبع همه داده‌های مورد استفاده این مطالعه، بانک مرکزی و برای کشور ایران است و بازه زمانی مورد مطالعه ۱۳۹۱-۱۳۵۳ می‌باشد.

۱-۴. الگوریتم بهینه سازی جستجوی گرانشی

الگوریتم جستجوی گرانشی، یکی از جدیدترین اعضاء خانواده الگوریتم‌های هوش جمعی است که از قوانین جاذبه میان اجرام و حرکت نیوتنی الهام گرفته است. طبق قانون جاذبه نیوتن، هر جسم به اجسام دیگر نیرو وارد نموده و آنها را به سمت خود جذب می‌کند. بنابراین هرچه این اجسام بزرگ‌تر و نزدیک‌تر باشند، تأثیر این نیرو بیشتر خواهد بود. در نتیجه هر جسم با استفاده از نیروی جاذبه محل و مقدار جرم، سایر اجسام را درک می‌کند. بنابراین می‌توان از این نیرو به عنوان رسانه‌ای برای تبادل اطلاعات استفاده کرد. از الگوریتم جستجوی گرانشی در حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌شود. در این الگوریتم پاسخ‌های مورد نظر، اجرام در فضای مساله هستند، میزان اجرام نیز با توجه به تابع هدف تعیین می‌شود. در ابتدا فضای سیستم مشخص می‌شود که شامل یک دستگاه مختصات چند بعدی در فضای تعریف مساله است. پس از تشکیل سیستم، قوانین حاکم بر آن مشخص می‌شوند. فرض می‌شود تنها قانون جاذبه و قوانین حرکت بر این سیستم حاکم هستند. صورت کلی این قوانین تقریباً شبیه قوانین طبیعت است و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

سیستم به صورت مجموعه‌ای از m جرم تصور می‌شود. موقعیت هر جرم می‌تواند جوابی برای مساله باشد. موقعیت بعد d از جرم i با $x_i^d(t)$ نشان داده می‌شود.

$$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n) \quad , \quad i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

n در رابطه بالا نشان‌دهنده بعد فضای پاسخ است. در این سیستم به هر جرم i در زمان t، از سوی جرم j در جهت بعد d نیرویی به اندازه $f_{ij}^d(t)$ وارد، و مقدار این نیرو طبق رابطه (۴) محاسبه می‌شود. $G(t)$ ثابت گرانش در زمان t و R_{ij} فاصله بین دو جرم i و j می‌باشد. برای تعیین فاصله بین اجرام مطابق رابطه (۵) از فاصله اقلیدوسی (نرم ۲) استفاده می‌شود.

$$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_i(t) \cdot M_j(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t)) \quad (۴)$$

$$R_{ij}(t) = \|X_i(t), X_j(t)\|_2 \quad (۵)$$

در رابطه (۴)، ε یک عدد بسیار کوچک است. نیروی وارد بر جرم i در جهت d در زمان t، برابر مجموع نیروهای است که k جرم برتر جمعیت، بر جرم وارد می‌کنند. مقصود از اجرام برتر، عامل‌هایی هستند که دارای برزندگی بیشتری باشند.

$$F_i^d(t) = \sum_{j \in kbest, j \neq i} rand_j(t) * F_{ij}^d(t) \quad (۶)$$

در رابطه فوق kbest بیانگر مجموعه k جرم برتر جمعیت است. همچنین در این رابطه $rand_j$ عددی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [۰-۱] است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته می‌شود. طبق قانون دوم نیوتن، هر جرم در جهت بعد d شتابی می‌گیرد که با نیروی وارد بر جرم در آن جهت، بخش بر جرم i متناسب است. رابطه (۷) شتاب جرم i در جهت بعد d در زمان t را با $a_i^d(t)$ نشان می‌دهد.

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_i(t)} \quad (۷)$$

سرعت هر جرم برابر مجموع ضربی از سرعت فعلی جرم و شتاب جرم، طبق رابطه (۸) تعریف می‌شود. موقعیت جدید بعد d از جرم i طی رابطه (۸) محاسبه می‌شود:

$$V_i^d(t+1) = rand_i * V_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (۸)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + V_i^d(t+1) \quad (۹)$$

در روابط فوق $v_i^d(t)$ سرعت عامل i در بعد d ام و در زمان t و $rand_i$ عددی تصادفی با توزیع یکنواخت در بازه [۰-۱] است که برای حفظ خصوصیت تصادفی بودن جستجو در نظر گرفته می‌شود. برای تنظیم ضریب گرانش از رابطه (۱۰) استفاده می‌کنیم.

$$G(t) = \beta^{-\frac{t}{T}} \quad (10)$$

در رابطه زیر، جرم عامل‌ها بر مبنای تابع هدف تنظیم می‌شود، به گونه‌ای که به عامل‌های با شایستگی بیشتر، جرم بیشتری نسبت داده می‌شود:

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)} \quad (11)$$

در این رابطه $fit_i(t)$ بیانگر میزان برازندگی جرم i در زمان t است. $best(t)$ و $worst(t)$ به ترتیب، بیانگر شایستگی قوی‌ترین و ضعیف‌ترین عامل جمعیت در زمان هستند. در نهایت اندازه جرم عامل‌ها، طبق رابطه (۱۲) نرمالیزه می‌شود.

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^n m_j(t)} \quad (12)$$

در مسائل کمینه یابی می‌توان از روابط زیر برای محاسبه بهترین و بدترین عامل‌ها استفاده کرد.

$$best(t) = \min \{fit_i(t)\} \quad (13)$$

$$worst(t) = \max \{fit_i(t)\} \quad (14)$$

۲-۴. الگوریتم کرم شب تاب

الگوریتم کرم شتاب برای نخستین توسط یانگ در سال ۲۰۰۸ ارائه شد. الگوریتم کرم شب تاب یک الگوریتم فرا ابتکاری می‌باشد که با الهام از رفتار ساطع کردن نور کرم‌های شب تاب به دست آمده است. هدف اولیه کرم شب تاب از ساطع کردن نور به مانند یک سیستم علامت‌دهی برای جذب کرم‌های شب تاب دیگر است. در سال ۲۰۰۹ مقایسه این الگوریتم با الگوریتم پرندگان^۱ و الگوریتم ژنتیک^۲ مشخص کرد که این الگوریتم برای پیدا کردن نقطه بهینه عمومی^۳ در برخی کاربردهای مورد آزمون قرار گرفته، از کارایی بهتری برخوردار است. پدیدآورنده الگوریتم کرم شب تاب در سال ۲۰۱۰ نتایج آزمون‌های انجام پذیرفته دیگری بر روی این الگوریتم را منتشر و علاوه بر اعتبار بخشیدن به این الگوریتم، سرعت رسیدن به جواب آن را نیز مورد بررسی قرار داد که در آزمون‌های انجام شده، سرعت الگوریتم بالاتر از سایر الگوریتم‌ها ارزیابی شد. در این

1. Particle Swarm Optimization (PSO)
2. Genetic Algorithm
3. Global Optimum

الگوریتم، تابع هدف به سادگی می‌تواند با مقدار روشنایی کرم‌های شب‌تاب متناسب شود. از طرف دیگر، روشنایی کرم‌های شب‌تاب می‌تواند توسط یک راه حل ساده با قابلیت کارآیی در الگوریتم‌های ژنتیک یا الگوریتم BFA^۱ تعریف شود. فرایند بهینه‌سازی این الگوریتم از تغییرات شدت نور و جذابیت استفاده می‌نماید. جذابیت یک کرم شب‌تاب براساس درخشندگی یا شدت نور تعیین می‌شود که از تابع هدف به‌دست آمده است. در ساده‌ترین حالت برای مسائل بهینه‌سازی که در آن مقدار بیشینه تابع هدف به‌دست می‌آید، بیشینه روشنایی "I" یک کرم شب‌تاب در مکان منحصر به فرد X می‌تواند مقدار روشنایی با تابع هدف متناسب شود $(I(x) \propto f(x))$.

با این حال، جذابیت "β" کاملاً نسبی است و باید در چشمان ناظر دیده شود و یا توسط کرم‌های شب‌تاب دیگر قضاوت شود. بنابراین، جذابیت با مسافت r_{ij} بین کرم شب‌تاب i و کرم شب‌تاب j تغییر می‌کند. شدت نور با افزایش فاصله از منبع‌اش کاهش می‌یابد و نور در محیط نیز جذب می‌شود، بنابراین باید اجازه داده شود جذابیت با درجه جذب تغییر کند. در ساده‌ترین حالت شدت نور $I(r)$ با مسافت r به طور پیوسته و نمایی تغییر می‌کند. بیان ریاضی تغییرات شدت، در رابطه (۱۵) آمده است:

$$I = I_0 e^{-\gamma r} \quad (15)$$

I_0 شدت نور اولیه و γ ضریب جذب نور می‌باشد. میزان جذب کرم شب‌تاب با شدت نوری که از کرم‌های شب‌تاب اطراف ساطع می‌شود، متناسب است. اکنون می‌توان مقدار جذابیت یک کرم شب‌تاب β را طبق رابطه (۱۶) تعریف کرد.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (16)$$

β_0 مقدار جذابیت در مسافت صفر است.

فاصله بین هر دو کرم شب‌تاب i ، j در X_i و X_j را می‌توان از مختصات کارتزین طبق رابطه (۱۷) به‌دست آورد.

$$r_{ij} = \| X_i - X_j \| = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{i,k} - X_{j,k})^2} \quad (17)$$

$X_{i,k}$ جز k از کرم شب‌تاب i است. در این الگوریتم، کرم‌های شب‌تاب به سمت کرم‌های با جذابیت بیشتر حرکت می‌کنند. در هر مرحله، میزان جا به جایی کرم جذب شده i به سوی کرم شب‌تاب جذاب‌تر (روشن‌تر) j ، توسط رابطه (۱۸) تعیین می‌شود.

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha \varepsilon_i \quad (18)$$

قسمت دوم رابطه با جذب در ارتباط است، در حالی که قسمت سوم تصادفی است که با بردار تصادفی تغییر، و از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. در بیشتر کاربردها می‌توان مقادیر $\alpha \in [0, 1]$ ، $\beta_0 = 1$ ، $\gamma = 1$ را در نظر گرفت. علاوه بر این، اگر تفاوت در مقادیر اندازه‌ها در ابعاد مختلف وجود داشته باشد، به عنوان مثال اگر تغییرات در یک بعد از 10^{-5} تا 10^5 و در دیگر ابعاد از 10^{-3} تا 10^3 باشد، یک ایده مناسب جایگزینی α با αS_k می‌باشد که S_k بردار مقیاس‌دهی برای اجزای پارامترهای ورودی به الگوریتم است.

در مقاله حاضر، نرمال کردن کلیه پارامترهای ورودی در بازه $[-1, 1]$ باعث شده تا علاوه بر افزایش سرعت آموزش و کاهش خطا در شبکه عصبی، همسان‌سازی داده به وجود آمده در اثر نرمال‌سازی، تغییرات در ابعاد مختلف را همسان نماید.

پارامتر γ تغییر جذابیت را مشخص می‌کند و مقدار آن مشخص‌کننده تعیین سرعت همگرایی و چگونگی رفتار الگوریتم کرم شب‌تاب است. در تئوری $\gamma \in (0, \infty)$ اما در عمل $\gamma = 0$ یا $\gamma = 1$ توسط سیستمی که باید بهینه شود، تعیین می‌شود. در نهایت، زمانی که $\gamma = 0$ ، جذابیت ثابت است ($\beta = \beta_0$) و در واقع، مانند این است که گفته شود شدت نور در یک فضای ایده‌آل کاهش نمی‌یابد. بنابراین یک کرم شب‌تاب روشن می‌تواند در هر جایی از ناحیه دامنه دیده شود؛ و یک نقطه بهینه (معمولاً بهینه عمومی) می‌تواند به راحتی قابل دسترس شود که مطابق با یک حالت خاص الگوریتم پرواز پرندگان است. همچنین این امکان وجود دارد که با تنظیم γ بتوان چندین نقطه بهینه مختلف را (در صورت وجود چندین نقطه بهینه) در طی تکرارهای مشابه پیدا کرد. در حقیقت با افزایش پارامتر γ جذابیت کم‌رنگ‌تر شده، لذا کرم‌ها به سمت بهینه‌های محلی جذب نمی‌شود.

در صورت وجود چندین نقطه بهینه در فضایی که کرم‌ها را می‌شوند، اگر تعداد کرم‌ها به شکل قابل توجهی از نقاط بهینه بیشتر باشد، هیچ نقطه بهینه‌ای از چشم کرم‌ها دور نخواهد ماند.

۵. برآورد الگو و تفسیر نتایج

از آنجا که هدف اصلی مقاله به کارگیری روش‌های غیر خطی در بررسی تأثیر شاخص‌های اقتصاد دانش بنیان بر رشد تولیدات در ایران است، می‌توان بیان کرد که

باتوجه به مبانی نظری و ادبیات موضوع، به طور کلی مدل غیرخطی مطالعه، به صورت زیر می‌باشد:

$$GDP = (HC)^{\alpha_1} (ICT)^{\alpha_2} (OP)^{\alpha_3} (CAP)^{\alpha_4} \quad (19)$$

که متغیرهای مورد استفاده در این مدل عبارتند از:

GDP: تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال)، A_0 : مقدار ثابت، HC: نرخ باسوادی، ICT: درصد خانوارهایی که دارای خطوط تلفن ثابت هستند، OP: درجه باز بودن تجاری، CAP: موجودی سرمایه خالص به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال) است. برای برآورد این مدل با دو الگوریتم جستجوی گرانشی و الگوریتم کرم شب تاب از نرم افزار MATLAB به منظور برنامه نویسی دو الگوریتم استفاده شده است.

مدل برآورد شده با روش الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) به صورت زیر است:

$$GDP = 0.9825(HC)^{0.4120} (ICT)^{0.2327} (OP)^{0.3904} (CAP)^{0.1973} \quad (20)$$

مدل برآورد شده با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب (FA) به شکل زیر می‌باشد:

$$GDP = 1.0215(HC)^{0.3905} (ICT)^{0.1121} (OP)^{0.3851} (CAP)^{0.2106} \quad (21)$$

برای ارزیابی عملکرد دو مدل برآورد شده از طریق دو الگوریتم از چهار معیار میانگین مجذور خطا (MSE)^۱، جذر میانگین انحراف معیار (RMSE)^۲، میانگین درصد خطای مطلق (MAPE)^۳ و میانگین خطای مطلق (MAE)^۴ انجام گردیده است. این معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

جدول ۱. معیارهای ارزیابی و انتخاب مدل

$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{n}$	میانگین مربع خطای استاندارد
$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{n}}$	مجذور میانگین مربع خطای استاندارد
$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left \frac{y - \hat{y}}{y} \right }{n}$	میانگین قدر مطلق خطا
$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n y - \hat{y} }{n}$	میانگین درصد قدر مطلق خطا

1. Mean Squar Error
2. Root of Mean Squar Error
3. Mean Absolute Precent Error
4. Mean Absolute Error

در روابط فوق n نشانگر تعداد مشاهدات است. با بررسی و مقایسه نتایج به دست آمده از برآورد مدل فوق توسط الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA) و الگوریتم کرم شب تاب (FA)، نتایج زیر به دست آمده است:

جدول ۲. مقایسه عملکرد مدل‌های برآورد شده با الگوریتم

جستجوی گرانشی GSA و الگوریتم FA

الگوریتم	الگوریتم کرم شب تاب (FA)				الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA)			
	MSE	RMSE	MAPE	MAE	MSE	RMSE	MAPE	MAE
نتایج	۱۹/۰۰۱	۴/۳۵۹۰	۳/۹۰۲۱	۲/۰۵۰۱	۲۵/۳۸۵۳	۵/۰۳۸۳	۴/۲۰۰۱	۳/۸۹۲۱

منبع: نتایج تحقیق

با توجه به جدول (۲)، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که خطای برآورد مدل همواره در الگوریتم FA کمتر از الگوریتم GSA بوده است. بنابراین برای بررسی اثر اقتصاد دانش بنیان بر رشد تولیدات در ایران، مدل برآورد شده با روش الگوریتم کرم شب تاب (FA)، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ زیرا هدف اصلی مطالعه برآورد بهترین مدل است. بر این اساس با استفاده از چهار معیار خطای مذکور، بهترین ضرایب ممکن برای تابع تخمین زده شده با استفاده از الگوریتم کرم شب تاب (FA) به دست آمده است. نتایج نشان می‌دهد که بین تمام محورهای دانش (آموزش و منابع انسانی، زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات و رژیم‌های نهادی و اقتصادی) و رشد تولیدات، رابطه مثبت وجود دارد و تمامی محورهای آموزش و منابع انسانی، رژیم‌های نهادی و اقتصادی و زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات، تأثیر مثبت و معنی دار بر رشد اقتصادی دارد؛ به گونه‌ای که یک درصد تغییر در آموزش و منابع انسانی منجر به ۰/۳۹ درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی می‌شود. زیرا افزایش در کیفیت مهارت‌های نیروی انسانی منجر به

افزایش کارآیی سرمایه و در نهایت افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود. همچنین یک درصد افزایش در زیرساخت‌های اطلاعاتی با توجه به غلبه بر محدودیت‌های مکانی و زمانی، موجب کارآیی و اثر بخشی توزیع دانش و اطلاعات شده و این امر به نوبه خود سبب می‌شود کارآیی عوامل تولید افزایش و در نهایت تولید ناخالص داخلی ۰/۱۱ درصد بیشتر شود.

همان‌طور که نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد، یک درصد افزایش در درجه باز بودن تجاری منجر به ۰/۳۸ درصد افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود؛ زیرا با توجه به امکان مبادله کالاها و خدمات در بین کشورها، امکان انتقال دانش و تکنولوژی و یا سرریز دانش به کشورهای همسایه به وجود می‌آید که این امر منجر به افزایش کارآیی عوامل تولید و افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود. همچنین یک درصد تغییر در حجم سرمایه‌گذاری خالص به دلیل ایجاد زیرساخت‌ها و استفاده مناسب از فرصت‌ها و پتانسیل‌های کشور منجر به ۰/۲۱ درصد افزایش در تولید ناخالص می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هدف پژوهش حاضر، بررسی رابطه بین اقتصاد دانش‌بنیان و رشد تولیدات در ایران طی دوره ۹۱-۱۳۵۳ بوده است. برای این منظور از محورهای مختلف اقتصاد دانش‌بنیان شامل سه محور: آموزش و منابع انسانی، زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات و نیز رژیم‌های نهادی و قانونی استفاده گردید و با استفاده از الگوریتم‌های جستجوی گرانشی (GSA) و الگوریتم کرم شب‌تاب (FA) مدل بهینه برآورد شده است. که با توجه به ارزیابی معیارهای عملکرد، مدل برآورد شده با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب جهت بررسی اثر اقتصاد دانش‌بنیان بر رشد تولیدات انتخاب گردید. نتایج نشان می‌دهد که بین تمام محورهای دانش (آموزش و منابع انسانی، زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات و رژیم‌های نهادی و اقتصادی) و رشد تولیدات رابطه مثبت وجود دارد و تمامی محورهای آموزش و منابع انسانی، رژیم‌های نهادی و اقتصادی و زیر ساخت‌های اطلاعات و ارتباطات تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد اقتصادی دارد.

محور آموزش و منابع انسانی دارای تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد اقتصادی است که این نتیجه با کارهای بن‌حیب و اشپیگل^۱ (۱۹۹۴) و هانوشک و کیمکو^۲ (۲۰۰۰) همسو

1. Benhabib & Spiegel
2. Hanushek & Kimko

است. این بخش از دانش می‌تواند با افزایش کمیت و کیفیت افراد ماهر و آموزش دیده، نیاز جامعه را در مورد داشتن دانش نو و ارتقای دانش موجود و در کل، افزایش سرمایه انسانی بر طرف سازد. افزایش در کمیت و کیفیت نیروی انسانی از طرفی، نیروی کار را ماهرتر و تواناتر می‌سازد و از طرف دیگر، باعث افزایش کارآیی سرمایه می‌شود؛ و در نتیجه، بهره‌وری کل عوامل تولید افزایش یافته و به دنبال آن، رشد اقتصادی نیز افزایش می‌یابد. محور زیرساخت‌های اطلاعاتی تأثیر مثبت بر رشد تولیدات دارد. این نتیجه با کارهای پاپایونو و دیمیلیس^۱ (۲۰۰۷) و اوماهونی و ویچی^۲ (۲۰۰۵) همسو است. داشتن زیرساخت‌های اطلاعاتی کارآ می‌تواند با هزینه استفاده پایین و غلبه بر محدودیت‌های مکانی و زمانی، موجب کارآیی و اثر بخشی توزیع دانش و اطلاعات شود. این کار باعث بهبود فرایند تولید، تعمیق سرمایه، پیشرفت فناوری و کیفیت نیروی کار و در پی آن، افزایش ارزش افزوده در سطح بنگاه‌ها، بخش و کشور می‌شود و سرانجام افزایش بهره‌وری کل و رشد تولیدات را به همراه خواهد داشت.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که محور رژیم‌های نهادی و اقتصادی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر رشد تولیدات دارد. این نتیجه با کارهای کلیسن و لیون^۳ (۲۰۰۳) و کافمن و همکاران^۴ (۲۰۰۲) سازگار است. دولت و قوانین کارآ می‌توانند با ارائه مشوق‌ها و قوانین مؤثر، انگیزه را برای استفاده کارآ از دانش موجود، کسب دانش جدید و کاربرد دانش‌های موجود با دانش جدید افزایش دهند. این کار موجب افزایش بهره‌وری و رشد تولیدات می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند که موجودی سرمایه خالص تأثیر مثبت و معنی‌دار بر تولیدات کشور دارند.

بنابراین، بر مبنای نتایج به دست آمده، نمی‌توان فرضیه این مطالعه مبنی بر «وجود رابطه بلندمدت بین دانش و رشد تولیدات» را رد کرد. توسعه دانش در ایران در جهات مختلف، توصیه سیاستی این مطالعه است. بدین صورت که مسئولان می‌توانند با سرمایه‌گذاری بیشتر برای ارتقاء مهارت نیروی انسانی از طریق هدفمند کردن نظام آموزشی کشور و توجه به آموزش حین خدمت، به نحوی که تمام فارغ‌التحصیلان مدارس و دانشگاه‌ها با رایانه و مهارت‌های مربوطه آشنا بوده و کارگران نیز در حین کار

1. Papaioannou & Dimelis
2. O'Mahony & Vecchi
3. Claessens & Laeven
4. Kaufmann, *et al.*

در دوره‌های آموزشی و تخصصی مرتبط با فعالیت خود به منظور افزایش مهارت و آشنایی با فناوری‌های جدید شرکت کنند، اقدام نمایند.

همچنین می‌توانند در راستای توسعه زیرساخت‌های مرتبط با اقتصاد دانش‌بنیان در زمینه‌های فنی، مخابراتی و ارتباطی، نیروی انسانی، سازمانی و نهادی و نیز ایجاد بستر حقوقی و قانونی مناسب با آن سرمایه‌گذاری کنند. انتظار می‌رود با توجه به سند چشم‌انداز بیست ساله و برنامه پنجم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور که بر مبنای دانش و دانایی استوار است و نیز تعامل با اقتصاد جهانی، بتوان با عملیاتی کردن و اجرای راهکارهای ارائه شده، در آینده جایگاه قابل قبولی در عرصه اقتصاد دانش‌بنیان کسب نمود. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، برای محققان در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود میزان اثرگذاری دانش بر رشد تولیدات در بخش‌های عمده اقتصادی کشور مورد بررسی قرار گیرد. همچنین به بررسی میزان اثرگذاری دانش بر رشد تولیدات کشور با استفاده از روش‌های رگرسیونی انتقال ملایم پردازند و یا اینکه با استفاده از تکنیک داده‌های پانل، به بررسی میزان اثرگذاری دانش بر رشد تولیدات در ایران و سایر کشورها اقدام کنند. همچنین می‌توانند با استفاده از روابط غیرخطی دیگری مانند مدل‌های مارکوف-سوئیچینگ میزان اثرگذاری دانش بر رشد تولیدات کشور را بررسی نمایند.

منابع

- امجدی، کاظم؛ رهبری بنائیان، غلامرضا و سلطانی فسقندیس، غلامرضا. (۱۳۹۱). تحلیل تأثیر شاخص‌های اقتصاد دانش محور بر تولید ناخالص داخلی کشورها. *فراسوی مدیریت*، دوره ۶، شماره ۲۱: ۱۰۴-۸۳.
- باصری، بیژن؛ اصغری، ندا و کیا، محمد. (۱۳۹۰). تحلیل تطبیقی نقش مؤلفه‌های اقتصاد دانش محور بر رشد اقتصادی. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، دوره ۱۶، شماره ۴: ۱-۲۹.
- بانک اطلاعات سری زمانی بانک مرکزی (سال‌های ۸۹-۱۳۵۳).
- بهبودی، داود و امیری، بهزاد. (۱۳۸۹). رابطه بلندمدت اقتصاد دانش بنیان و رشد اقتصادی در ایران. *سیاست علم و فناوری*، شماره ۴: ۳۲-۲۳.

- بهبودی، داود و ممی پور، سیاب. (۱۳۸۶). تجارت بین الملل، سرریز دانش و بهره وری کل عوامل تولید در ایران. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره ۹: ۳۳-۵۵.
- جنگانی، سمیرا؛ مهربانی، فاطمه و قبادی، صغری. (۱۳۹۲). مقایسه اثر اقتصاد دانش محور بر رشد اقتصادی؛ مطالعه موری ایران، کشورهای عضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه. اولین همایش ملی چشم انداز اقتصاد ایران با رویکرد حمایت از تولید ملی، اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.
- حسینی، سید شمس الدین و اکبر چهارمحالی بیغش. (۱۳۸۴). اقتصاد دانش و شکاف توسعه. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره ۱: ۵۵-۸۲.
- دیزجی، منیره؛ دانشور، سهند، و بابایی اناری، علیرضا. (۱۳۹۱). تعیین جایگاه ایران در زمینه اقتصاد دانش بنیان در میان کشورهای منتخب. *فرا سوی مدیریت*، دوره ۶، شماره ۲۲: ۱۴۴-۱۲۱.
- صادقی، مسعود و آذربایجانی، کریم. (۱۳۸۵). نقش و جایگاه اقتصاد دانش محور در تقاضای نیروی کار ایران. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۲۷: ۱۹۷-۱۷۵.
- صادقی، مسعود و عمادزاده، مصطفی. (۱۳۸۲). برآورد سهم سرمایه انسانی در رشد اقتصادی ایران طی سال‌های ۱۳۴۵-۱۳۸۰. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۱۷: ۹۸-۷۹.
- عمادزاده، مصطفی و بکتاش، فروزان. (۱۳۸۴). اثر آموزش بر ارزش افزوده بخش صنعت. *مجله دانش و توسعه*، شماره ۱۶: ۳۷-۵۰.
- عمادزاده، مصطفی و شهنازی، روح الله. (۱۳۸۶). بررسی مبانی و شاخص‌های اقتصاد دانایی محور و جایگاه آن در کشورهای منتخب در مقایسه با ایران. *فصلنامه پژوهش‌نامه اقتصادی*، شماره ۴: ۱۵۸-۱۴۶.
- عمادزاده، مصطفی؛ روح الله شهنازی و دهقان شبانی، زهرا. (۱۳۸۵). بررسی میزان تحقق اقتصاد دانش محور در ایران (مقایسه تطبیقی با سه کشور همسایه). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، شماره ۲: ۱۲۷-۱۰۵.
- مشیری، سعید و جهانگرد، اسفندیار. (۱۳۸۳). فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و رشد اقتصادی ایران، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۱۹: ۵۵-۷۸.

- مشیری، سعید و نیک پور، سمیه. (۱۳۸۶). تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات و سرریزهای آن بر رشد اقتصادی کشورهای جهان. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۳۳: ۱۰۳-۷۵.
- معمارنژاد، عباس. (۱۳۸۴). اقتصاد دانش بنیان؛ الزامات، ناگرها، موقعیت ایران، چالش‌ها و راهکارها. *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره ۱: ۸۴-۹۵.
- منوریان، عباس؛ عسکری، ناصر و آشنا، مصطفی. (۱۳۸۶). ابعاد ساختاری و محتوایی سازمان‌های دانش محور. تهران: اولین کنفرانس ملی مدیریت دانش.
- مهربانی، فاطمه؛ قبادی، صغری و رضائیان، علی رضا. (۱۳۹۳). بررسی اثر و رابطه بین اقتصاد دانش بنیان و بهره‌وری کل عوامل تولید؛ مطالعه موردی کشورهای توسعه‌یافته، نوظهور و در حال توسعه. *دو فصلنامه جستارهای اقتصادی ایران*، شماره ۲۱: ۱۲۵-۱۵۹.
- ناظمان، حمید، اسلامی‌فر، علیرضا. (۱۳۸۹). اقتصاد دانش بنیان و توسعه پایدار (طراحی و آزمون یک مدل تحلیلی با داده‌های جهانی). *مجله دانش و توسعه*، سال ۱۷، شماره ۳۳.
- نجارزاده، رضا؛ آقایی خوندایی، مجید و طلعتی، مصطفی. (۱۳۸۶). اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر رشد اقتصادی کشورهای عضو سازمان کشورهای اسلامی (OIC). *فصلنامه پژوهش نامه بازرگانی*، شماره ۴۴: ۴۹-۷۸.
- نوفرستی، محمد. (۱۳۸۷). ریشه واحد و هم‌انباشتگی در اقتصادسنجی. تهران: موسسه خدمات فرهنگی رسا.
- نیوندی، فیروزه. (۱۳۸۳). مقدمه‌ای بر اقتصاد دانایی. گزارش ۲۹، ناشرین طرح تاوا و دانشگاه صنایع و معادن، وزارت صنایع و معادن.
- وحیدی، پریدخت. (۱۳۸۱). اقتصاد دانش محور و نقش تحقیق و توسعه در آن. تهران: همایش چالش‌ها و چشم‌اندازهای توسعه ایران.
- Adams, J.D. (1990). Fundamental stocks of knowledge and productivity growth. *Journal of Political Economy*, 673-702.
- APEC (2000). Towards knowledge-based economy in APEC, Report by APEC Economic Committee.
- Barro, R. (1991). Economic growth in across-section of countries, *Journal of Economy*, 106(2), 407-443.

- Benhabib, J., & Spiegel, M.M. (1994). The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data. *Journal of Monetary economics*, 34(2), 143-173.
- Chen, D.H.C., & Dahlman, C.J. (2004). *Knowledge and development: a cross-section approach* (Vol. 3366). World Bank Publications.
- Claessens, S., & Laeven, L. (2003). Financial development, property rights, and growth. *The Journal of Finance*, 58(6), 2401-2436.
- Godin, B. (2001). The knowledge based economy: conceptual framework or buzzword, *Economic Journal*, 107, 134-149.
- Hanushek, E. & kimko, D.D. (2000). Schooling labor-Force Quality, and the growth of nations, *American Economic Review*, 90(5), 1184-1208.
- Hsu, G.J., Lin, Y.H., & Wei, Z.Y. (2008). Competition policy for technological innovation in an era of knowledge-based economy. *Knowledge-Based Systems*, 21(8), 826-832.
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Zoido, P. (2002). Governance matters II: updated indicators for 2000-01. *World Bank policy research working paper*, (2772).
- Kerr, A. and Riain, S. (2009). Knowledge Economy. In: *International Encyclopaedia of Human Geography*. Oxford: Elsevier.
- Lederman, D. (2008). Product innovation by incumbent firms in developing economies: the roles of research and development expenditures, trade policy, and the investment climate. *World Bank Policy Research Working Paper Series*, No. 4319.
- Mansfield, E. (1991). Academic research and industrial innovation. *Research policy*, 20(1), 1-12.
- Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. *Long range planning*, 33(1), 5-34.
- OECD, (1996). *The Knowledge-based economy*, Paris.
- Oliner, S.D. & Sichel, D.E. (2003). The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story? *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 3-22.

- O'Mahony, M., & Vecchi, M. (2005). Quantifying the impact of ICT capital on output growth: a heterogeneous dynamic panel approach. *Economica*, 72(288), 615-633.
- Papaioannou, S.K., & Dimelis, S.P. (2007). Information technology as a factor of economic development: Evidence from developed and developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 16(3), 179-194.
- Partha, D., & David, P.A. (1994). Toward a new economics of science. *Research policy*, 23(5), 487-521.
- Pilat, D. & Lee, F. (2001). Productivity growth in ICT producing and ICT-using industries: a source of growth differentials in the OECD?, STI Working Paper.
- Romer, P.M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The journal of political economy*, 94, 1002-1037.
- Sabau, G.L. (2010). Know, live and let live: Towards a redefinition of the knowledge-based economy—sustainable development nexus. *Ecological Economics*, 69(6), 1193-1201.
- Schreyer, P., (2002). Knowledge spillovers and regional growth in Europe, European Regional Science Association Congress August, 27-30.
- Solow, R.M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 39, 312-320.
- Stevens, P.F. (1997). Mind, memory and history: How classifications are shaped by and through time, and some consequences. *Zoologica Scripta*, 26(4), 293-302.
- Tan, H.B., & Hooy, C.W. (2007). The development of East Asian countries towards a knowledge-based economy: a DEA analysis. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 12(1), 17-33.
- Van Stel, A.J., & Nieuwenhuijsen, H.R. (2004). Knowledge spillovers and economic growth: an analysis using data of Dutch regions in the period 1987–1995. *Regional Studies*, 38(4), 393-407.
- Wilson, D.C., & Jarzabkowski, P. (2006). Actionable Strategy Knowledge: A Practice Perspective. *European Management Journal*, 24(5), 348-367.

- World Bank (2003 a). Engendering ICT: ensuring gender equality in ICT for Development, Washington D.C, and September.
- World Bank (2003 b). ICT and MDGs: a World Bank group perspective, Washington D.C, December.
- Zack, M.H. (1999). Developing a knowledge strategy. *California management review*, 41(3), 125-145.

