

ارزیابی کارایی اقتصاد دانش^۱ با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی (ایران و کشورهای منطقه)

* حسن عید محمدزاده
** جواد رضائی
*** مرجان فقیه نصیری
**** محمدرضا توکلی بغدادآباد

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۰/۲۴
تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۷
صفحات: ۱۱۵ - ۱۳۵

در این مقاله به بررسی و ارزیابی کارایی کشورهای منتخب در زمینه اقتصاد دانش با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی پرداخته شده است. بدین منظور و با توجه به آنکه در ارزیابی

^۱. Knowledge Economics

* حسن عیدمحمدزاده؛ کارشناس ارشد اقتصاد، عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی غیردولتی و غیرانتفاعی علامه محدث نوری.
E. mail: mohamadzadehh@yahoo.com

** جواد رضائی؛ کارشناس ارشد اقتصاد، عضو هیأت علمی مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.

E. mail: jrezaea@yahoo.com

E. mail: marjanin@yahoo.com

*** دکتر مرجان فقیه‌نصیری؛ استادیار دانشگاه پیام نور.

**** محمدرضا توکلی بغدادآباد؛ پژوهشگر معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت بازرگانی.

E. mail: mr_tavakkoli@yahoo.com

کارایی اغلب از دو روش پارامتری و ناپارامتری استفاده می‌شود، در این مقاله با بهره‌گیری از روش ناپارامتری که بر پایه روشهای برنامه‌ریزی ریاضی و بطور اخص روش تحلیل پوششی داده‌ها استوار است، کشور ایران و کشورهای منطقه را به لحاظ کارایی اقتصاد دانش طبقه‌بندی و رتبه‌بندی نموده‌ایم. شایان ذکر است که مزیت عمده روش تحلیل پوششی داده‌ها^۱ (DEA) نسبت به سایر روشهای موجود برای اندازه‌گیری کارایی، این است که می‌توان به وسیله آن کارایی واحدهایی را که دارای چند ورودی و چند خروجی (غیر قابل تبدیل به هم) هستند، ارزیابی نمود.

در مقاله حاضر، با توجه به ورودیها و خروجیهای اقتصاد دانش در شانزده کشور منتخب و در طی سال ۲۰۰۵، به ارزیابی کارایی آنها با دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و نیز بازدهی متغیر نسبت به مقیاس پرداخته شده است.

نتایج نشان می‌دهد که با فرض اول؛ کشورهای ترکیه، بحرین، اردن، سوریه و کویت در میان کشورهای آذربایجان، ازبکستان، امارات، ایران، پاکستان، تاجیکستان، قزاقستان، قطر، لبنان، عربستان سعودی و عمان از بیشترین کارایی برخوردار بوده و متوسط کارایی با این فرض، ۷۲/۹ درصد است. با در نظر داشتن فرض دوم؛ کشورهای آذربایجان و ازبکستان نیز به جمع کشورهای کارا می‌پیوندند که متوسط کارایی، با این فرض ۷۵ درصد بوده. در نهایت با توجه به الگو بودن کشور ترکیه بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت که کشورهای ناکارا؛ بویژه ایران به منظور افزایش کارایی بایستی کشور ترکیه را الگوی خود قرار دهند.

طبقه بندی JEL: L83, D61

کلید واژه‌ها: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
ایران، اقتصاد دانش، برنامه‌ریزی خطی، بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

^۱. Data Envelopment Analysis

مقدمه

امروزه دانش به عنوان مهمترین عامل تولید در اقتصاد نوین شناخته می‌شود و از آنجایی که منابع تولید کمیاب است، بکارگیری آنها در تولید باید بگونه‌ای صورت پذیرد که بازده بالاتری برای فعالیتهای و سرمایه‌گذارها عاید شود. اگرچه در گذشته عوامل فیزیکی و مادی چون نیروی کار و سرمایه‌های مادی و حتی انسانی در ایجاد ارزش اقتصادی و تولید محصول نقش مسلط داشتند؛ امروزه نقش اقتصاد و به عبارتی دانش‌بری فعالیتهای اقتصادی غلبه یافته؛ به نحویکه دانش بطور گسترده‌ای به عنوان داده در تولید محصول و همین‌طور به عنوان کالا موضوع مبادله قرار می‌گیرد. دیدگاههای تجربی در مدل‌های رشد اقتصادی بگونه‌ای توسعه یافته‌اند که دانش بطور مستقیم در تابع تولید تأثیرگذار بوده و سرمایه‌گذاری در آن مهمترین عامل رشد در اقتصاد کشورهای مختلف محسوب می‌شود. بنابراین، این رشد در صورت پی‌ریزی مناسب زیر بناها، تحقق الزامات و شرایط و از همه مهمتر بکارگیری و استفاده بهینه از منابع و ظرفیتهای می‌تواند حرکت بسوی رشد و توسعه اقتصادی را فزونی بخشد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع در این مقاله تلاش شده به بررسی و ارزیابی نحوه استفاده از این منابع در جهت ایجاد و توسعه اقتصاد دانش با بهره‌گیری از مفهوم کارایی پرداخته شود تا چگونگی استفاده از منابع و ظرفیتهای در جهت ایجاد و توسعه اقتصاد دانش در کشورهای منتخب مورد بررسی و تدقیق قرار گیرد.

بر اساس سند چشم‌انداز بیست ساله، جایگاه ایران در سطح منطقه اینگونه ترسیم شده است: "ایران کشوری توسعه یافته با جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه (آسیای جنوب غربی) خواهد شد. کشوری که با ویژگیهایی چون برخورداری از دانایی، تشکیل سرمایه اجتماعی و جنبش نرم‌افزاری، رشد پرشتاب و مستمر اقتصادی را تحقق بخشیده و با ارتقای نسبی درآمد سرانه، از رفاه برخوردار شود."^۱

این نگرش در سیاستهای کلی برنامه چهارم توسعه نیز دنبال شده است، از جمله در بخش امور اقتصادی علاوه بر رشد پیوسته، با ثبات و پرشتاب، بر فراهم کردن زمینه‌های لازم

^۱ سند چشم‌انداز مصوب ج.ا.ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی

برای تحقق رقابت‌پذیری (رقابتمندی) تصریح شده است. تلاش برای دستیابی به اقتصاد متنوع، متکی به دانایی، سرمایه انسانی و فناوری‌های نوین از دیگر سیاست‌های کلی اقتصادی برنامه چهارم است.^۱

بی‌تردید دسترسی به اهدافی چون جایگاه برتر اقتصادی، رقابتمند شدن اقتصاد و رشد و توسعه پایدار و پرشتاب، مستلزم درک شرایط محیطی اقتصاد نوین و توجه به ملزومات آن است؛ زیرا برنامه‌ریزی برای رشد و توسعه در اقتصاد نوین، بدون شناخت این محیط و شناسایی جایگاه کشور در آن و همچنین شناخت منابع جدید رشد و توسعه به هدف نخواهد رسید. بنابراین در سیر تکوین علم اقتصاد، ظهور اقتصادهای مبتنی بر دانش موجب توسعه علم «اقتصاد دانش» به عنوان یک شاخه علمی مهم شده و به موازات آن نظریه توسعه دانش‌بر به عنوان رویکردی به توسعه در اقتصاد نوین مطرح شد.^۲

با آغاز دهه ۱۹۹۰ میلادی، رویکرد نوینی در اقتصاد که مبنای متفاوتی برای توسعه اقتصادی کشورها عرضه می‌نمود، ظهور و بروز نمود. این اقتصاد که به اقتصاد نوین یا اقتصاد دانش شهرت داشت، نتیجه تعامل جهانی شدن توسعه و تحول دانش بود. در این اقتصاد هدف اصلی، ایجاد ارزش اقتصادی یا ثروت و رسیدن به استاندارد بالای زندگی، انباشت و بکارگیری دانش در فعالیتهای جهانی شدن اقتصاد بود. اگر بخواهیم به بررسی دیدگاه‌های اقتصاد دانش بپردازیم، اقتصاد دانش در مفهوم محدود، به اقتصاد اطلاعات اشاره دارد که در آن فناوری اطلاعات نقش اساسی در تعیین مزیت‌های رقابتی کشورها بازی می‌کند و بعنوان ابزاری برای توضیح اقتصاد نوین با سطح بالای رشد و سطح پایین قیمت‌ها مطرح است. لیکن دانش مفهوم گسترده‌تری از اطلاعات را دارا است و اصطلاح اقتصاد دانش یا اقتصاد دانش بنیان از شناخت بیشتر نقش دانش در بهره‌وری و رشد اقتصادی حکایت دارد. سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه OECD، اقتصاد دانش را اقتصادی معرفی می‌کند که بطور مستقیم بر پایه تولید،

۱. سیاست‌های کلی مصوب برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ج.ا.ایران

۲. شمس‌الدین حسینی و اکبر چهار محالی بیغش، «اقتصاد دانش و شکاف توسعه در ایران»، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، سال اول، شماره ۱، (تابستان ۱۳۸۴)، ص ۸۲-۵۵.

توزیع و کاربرد دانش بنا شده^۱ و در تعریف دیگر؛ اقتصاد دانش، اقتصادی است که در آن دانش خلق و اشاعه داده می‌شود و بطور مؤثری توسط فعالان اقتصادی، سازمانها و جوامع برای توسعه اجتماعی و اقتصادی مطلوب‌تر بکار گرفته می‌شود، این امر نیازمند شرایط و الزاماتی همچون؛ نظام نهادی و اقتصادی، جمعیت تحصیل کرده و ماهر، نظام نوآور و کارا و زیرساخت اطلاعاتی پویا است.^۲ بنابراین موارد اشاره شده می‌تواند به عنوان متغیرهای مورد انتظار اقتصاد دانش در هر کشوری محسوب شود و در این میان، نحوه و چگونگی بکارگیری منابع در جهت دستیابی به متغیرهای مورد انتظار به عنوان موضوعی است که در این مقاله بدان پرداخته خواهد شد. در واقع ما در این مطالعه در پی پاسخ به این پرسش اساسی هستیم که آیا کشورهای منتخب در این مطالعه (کشورهای منطقه)، با تمام امکانات موجود- این قابلیت و انعطاف‌پذیری را دارند که بتوانیم متغیرهای مورد انتظار اقتصاد دانش را در آنها افزایش دهیم و با همین میزان نهاده مقدار ستاده بیشتری داشته باشیم؟ آیا کشورهای منتخب در زمینه اقتصاد دانش به شکل بهینه عمل می‌کنند یا خیر؟ علاوه بر این می‌توان به هر کشور به تنهایی نگاه کرد و این پرسش را مطرح نمود که آیا می‌توان هر کشور را با توجه به نهاده‌هایی که در اختیار آن قرار می‌گیرد و مقدار ستانده‌ای که در نظام اقتصاد دانش از آن حاصل می‌شود، به عنوان یک کشور کارا قلمداد نمود؟ و اگر پاسخ منفی است، نظام اقتصاد دانش در کدام کشور می‌تواند الگویی برای افزایش کارایی سایر کشورهای منطقه قرار گیرد؟ به منظور پاسخ به این پرسشها، در این مطالعه از مفهوم کارایی استفاده شده و با توجه به پرسشهای مطرح شده در آن و قابلیت‌های روش تحلیل پوششی داده‌ها، از این روش به منظور پاسخگویی به این پرسشهای اساسی استفاده شده است.

¹. S. K Lee, *Economic Development Through Knowledge Creation-The Case of Korea*, (the University of Suwon, Kyonggido Korea, 2001), pp. 10.

². D. Foray, *Economics of Knowledge*, Massachusetts Institute of Technology, (2004), pp 12.

پیشینه تحقیق

اصولاً در زمینه بررسی کارایی اقتصاد دانش؛ بویژه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، مطالعه‌ای در دنیا و کشور صورت پذیرفته است. تنها مطالعه‌ای که در زمینه اقتصاد دانش و با رویکرد توسعه‌ای انجام شده است، با عنوان «اقتصاد دانش و شکاف توسعه در ایران» می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد ایران به لحاظ عوامل طبیعی، انسانی و مالی با کمبود مواجه نیست. بنابراین در قالب روش‌شناسی ارزیابی اقتصاد دانش، با شکاف مواجه بوده و به رغم وضعیت مناسب داده‌ها و ظرفیتهای اقتصاد دانش، ستانده‌های آن در ایران پایین می‌باشد^۱. بنابراین در این مطالعه به منظور تعیین جایگاه ایران در مقایسه با کشورهای منطقه در زمینه اقتصاد دانش، از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است.

کارایی (تعریف، روشهای محاسبه)

بطور کلی کارایی، دارای مفهومی بسیار فراگیر بوده و بیشتر در سه حوزه مهندسی، مدیریت و اقتصاد مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. از این رو تعاریف متفاوتی در منابع مختلف از کارایی ارائه شده که در زیر به ارائه برخی از آنها می‌پردازیم. منوچهر فرهنگ، در واژه‌نامه اقتصادی خود، کارایی را به این صورت تعریف نموده است:

«کارایی نسبت مقدار تولید شده به مقدارعاملی است که بکار افتاده است»^۲. لازم به ذکر است که ایشان کارایی فنی و کارایی اقتصادی را معادل هم دانسته‌اند. واژه نامه «وبستر»، کارایی را معادل اثربخشی دانسته و آن را ظرفیت تولید مطلوب با حداقل مصرف انرژی، زمان، پول یا مواد تعریف کرده است^۳.

۱. شمس‌الدین حسینی و اکبر چهار محالی بیغش، پیشین، ص ۸۲-۵۵.

۲. منوچهر فرهنگ، فرهنگ علوم اقتصادی، (تهران، انتشارات البرز، ویرایش هفتم، ۱۳۷۸).

۳. میریام وبستر، Webster's-New Collegiate Dictionary، (تهران، انتشارات ارغوان، ۱۳۶۲).

«فارال»^۱ نیز از جمله پژوهشگرانی محسوب می‌شود که در زمینه کارایی، فعالیت‌های مختلفی انجام داده و روشی برای ارزیابی آن پیشنهاد نموده است. وی در نوشتاری با عنوان «اندازه‌گیری کارایی تولید در سال ۱۹۵۷»، کارایی یک بنگاه را «تولید یک ستانده به حد کافی بیشتر از یک مقدار مفروض نهاده تعریف نموده است» همچنین فارل با استفاده از این تعریف به بیان انواع کارایی به صورت کارایی فنی، کارایی تخصیصی و کارایی اقتصادی (که کارایی اقتصادی در مدل فارال از حاصلضرب کارایی فنی در کارایی تخصیصی حاصل می‌شود) پرداخته است.

دیدگاه فارل را می‌توان به عنوان پایه اساسی روش مورد بحث، یعنی تحلیل پوششی داده‌ها در این مطالعه قلمداد نمود. به منظور ارزیابی کارایی روشهای متفاوتی از سوی پژوهشگران مختلف ارائه شده که اغلب می‌توان آنها را به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم بندی نمود.

الف) روشهای پارامتری^۲

ب) روشهای ناپارامتری^۳

الف) روشهای پارامتری

روشهای پارامتری به روشهایی اطلاق می‌شود که در آنها ابتدا یک شکل خاص برای تابع تولید در نظر گرفته می‌شود. سپس با یکی از روشهای برآورد توابع که در آمار و اقتصادسنجی مرسوم است، ضرایب مجهول (پارامترهای) این تابع برآورد می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از^۴:

- تابع تولید مرزی تصادفی^۵

^۱. M. Farrell, "The Measurement of Productive Efficiency"., *Journal of the Royal Statistics Society*, Series A, Vol.120, No.3, (1957), 253-281.

^۲. Parametric Method

^۳. Non Parametric Method

^۴. جواد رضایی، «ارزیابی کارایی نواحی سیزده گانه راه آهن ج.ا.ا»، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۸۱).

^۵. Stochastic Frontier Production Function Method

- تابع سود^۱

ب) روشهای ناپارامتری

روش مطرح دیگر به منظور ارزیابی کارایی، روش ناپارامتری است که در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی کارایی بنگاهها پرداخته خواهد شد. حال آنکه در این روش دیگر نیازی به برآورد تابع تولید نیست و نیز چنانچه بنگاه مورد نظر دارای چند خروجی متفاوت باشد، این روش در ارزیابی کارایی با مشکلی مواجه نخواهد بود. روش تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان به عنوان یکی از روشهای ناپارامتری معرفی نمود که در این روش با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی به ارزیابی واحدهای مورد نظر پرداخته خواهد شد.

روشهای پارامتری برای ارزیابی کارایی واحدهای تولیدی که یک ستاده دارند و یا در صورت داشتن ستاده بیشتر می‌توان این ستاده‌ها را به یکدیگر - یا به یک واحد ستاده یکسان - تبدیل کرد، مناسب هستند. اما فرض کنید بخواهیم کارایی دو واحد خدماتی در آموزش را با هم مقایسه کنیم و این واحدها بیش از یک ستاده داشته باشند؛ برای مثال دو نمونه از این ستاده‌ها تعداد فارغ التحصیلان و تعداد مقالات پذیرفته شده در مجلات معتبر است که توسط هر واحد حاصل شده و هیچ شاخصی برای تبدیل یکی از این دو به دیگری وجود نداشته باشد و در عین حال هیچ توافق کلی در مورد وزن یا اهمیت هر یک از این دو نیز موجود نباشد، حال اگر بخواهیم از روشهای قبلی، کارایی را ارزیابی و سپس مقایسه کنیم، عملاً غیرممکن خواهد بود؛ چرا که ما ستاده واحدی برای برآورد تابعی به عنوان تابع تولید مرزی نداریم. این مشکل یکی از مشکلات ارزیابی کارایی به روش تابع تولید مرزی است. از طرفی در تمامی روشهای ارزیابی کارایی با استفاده از توابع تولید مرزی، یک شکل خاص برای تابع تولید تصریح می‌شود و فروضی برای متغیر جزء تصادفی اعمال می‌شود که در عمل ممکن است نقض شود. برای حل مشکلات فوق می‌توان از روشی به نام روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. در این روش برای ارزیابی کارایی هر واحد، ابتدا یک واحد مجازی ایجاد

^۱. Profit Function Method

می‌کنند که به صورت ترکیبی خطی از سایر واحدهای تصمیم‌گیری است. سپس ستاده حاصل از این واحد تصمیم‌گیری مجازی را -که با بکار بردن نهاده یکی از واحدهای تصمیم‌گیری بدست می‌آید- با ستاده واقعی این واحد مقایسه کرده و به این ترتیب اقدام به ارزیابی کارایی می‌کنند.

تاریخچه تحلیل پوششی داده‌ها

بحث تحلیل پوششی داده‌ها با تز دکتری «ادوارد رودز»^۱ با راهنمایی «کوپر»^۲ شروع شد، که پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس آمریکا را در سال ۱۹۷۸ مورد ارزیابی قرار داده بود. وی نتایج این مطالعات را با همکاری «چارنز»^۳ و کوپر در مقاله‌ای که به *CCR* معروف شد، انتشار داد. *CCR* با تبدیل ورودیها و خروجی‌های چند گانه به یک ورودی و یک خروجی روش بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی را برای تعمیم اندازه کارایی یک ورودی و یک خروجی فارل (۱۹۵۷) به حالت ورودی و خروجی چندگانه بکار برد.

سپس در سال ۱۹۸۴ «بنکر»^۴، چارنز و کوپر مقاله‌ای منتشر نمودند که در آن مدلی به نام *BCC* که مخفف اسامی معرفان این مدل است، مطرح نمودند. در این مدل بحث بازده به مقیاس نیز به مدل *CCR* اضافه شد.^۵

مبانی نظری تحلیل پوششی داده‌ها

در حالت اولیه، روش تحلیل پوششی داده‌ها به ارائه مدل زیر به منظور اندازه‌گیری کارایی نسبی می‌پردازد.

^۱. Edward Rhods
^۲. Cooper
^۳. Charnes
^۴. Banker, (1984).

^۵. علی امامی میبدی، اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، (تهران، انتشارات مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۷۹).

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{ro}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io}} \\
 & \text{S.T} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} Y_{rj}}{\sum_{i=1}^n v_{io} X_{ij}} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \quad \quad \quad u_{ro}, v_{io} \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}$$

u_{ro} : وزنهای خروجی‌های کشور O ام

v_{io} : وزنهای ورودیهای کشور O ام

X_{io} : ورودیهای کشور O ام Y_{ro} : خروجی‌های کشور O ام

X_{ij} : ورودیهای کشورهای دیگر Y_{rj} : خروجی‌های کشورهای دیگر

r, i, j : به ترتیب تعداد استان، ورودیها و خروجی‌ها می‌باشند.

به عبارت دیگر در روش تحلیل پوششی داده‌ها نسبت موزون خروجی‌ها و ورودیها را ماکزیمم می‌نماییم به این شرط که همین ضرایب در سایر بنگاهها کارایی آنها را از واحد بیشتر نکنند.

از آنجا که مدل بالا یک مدل غیرخطی است، به منظور سهولت در حل مدل فوق با

فرض $\sum_{i=1}^n v_{io} X_{io} = 1$ آن را به یک مدل خطی تبدیل کنیم. که در نهایت با اعمال یکسری

عملیات ریاضی و با توجه به دوآل مدل بالا داریم:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \theta \\
 \text{S.t} \quad & - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 & \theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \\
 & \lambda > 0
 \end{aligned}$$

که در آن λ یک بردار $N \times 1$ شامل اعداد ثابت است که وزنه‌های مجموعه مرجع برای θ را نشان می‌دهد. مقادیر اسکالر بدست آمده که کارایی بنگاهها خواهد بود، شرط $\theta \leq 1$ را تأمین می‌کند. مدل بالا را در روش DEA مدل CCR می‌نامند.

بازده به مقیاس در تحلیل پوششی داده‌ها

همانطور که می‌دانیم مفهوم بازده به مقیاس زمانی مطرح می‌شود که بخواهیم بدانیم اگر ورودیها را به یک نسبت مشخصی تغییر دهیم، خروجیها چه تغییری خواهند کرد. این بحث را با فرضی می‌توان در مدل DEA گنجانده که بواسطه آن دو نتیجه مهم عاید می‌شود؛ اول اینکه کارایی فنی به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تفکیک می‌شود و دوم؛ بنگاههای بزرگ از بنگاههای کوچک تمیز داده می‌شود.^۱

بازده مقیاس ثابت

فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تنها در صورتی قابل اعمال است که بنگاهها در مقیاس بهینه عمل کنند (قسمت مسطح منحنی هزینه متوسط بلند مدت)^۲.
 مدل CCR با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، کارایی را بگونه‌ای ارائه می‌کند که در برگیرنده کارایی فنی خالص؛ یعنی کارایی ناشی از مدیریت و کارایی ناشی از صرفه‌جویی

^۱. R. D. Banker, A. Charnes and W.W. Cooper, "Some Models For Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol.30, No. 9, (1984), pp. 1078-1092.

^۲. علی امامی میدی، پیشین.

مقیاس یک بنگاه بود. بنابراین از آنجا که برای ارزیابی تأثیرات تغییر و اصلاح ساختاری، اطلاعاتی در مورد کارایی مقیاس مورد نیاز است و همچنین برای تشویق مدیران نمونه، داشتن اطلاعاتی در مورد کارایی ناشی از مدیریت ضرورت می‌یابد، لازم است اهمیت تفکیک این دو کارایی از هم روشن شود.

بازده به مقیاس متغیر

بانکر، چارنز و کوپر (۱۹۸۴، BCC)، مدل CCR را بگونه‌ای بسط دادند که بازده متغیر نسبت به مقیاس را در برگیرد.

انجام این مهم در فرموله کردن مسئله دوگان در برنامه‌ریزی خطی با فرض بازده ثابت نسبت به مقیاس، با استفاده از اضافه نمودن محدودیت $NI'\lambda = 1$ (قید تحدب) به این مدل است، در این حالت محاسبات با فرض بازده متغیر نسبت به مقیاس انجام می‌شود. بطوریکه:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & \text{S.t. } - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \\ & \theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \\ & NI'\lambda = 1 \quad \lambda > 0 \end{aligned}$$

مدل بالا با قید بازده متغیر نسبت به مقیاس مشخص نمی‌کند که آیا بنگاه در ناحیه بازده صعودی یا نزولی نسبت به مقیاس فعالیت می‌کند. این مهم در عمل با مقایسه قید بازده غیرصعودی نسبت به مقیاس ($NI'\lambda \leq 1$) صورت می‌گیرد.

بطوریکه :

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta \\
 & \text{S.t } - \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + \sum_{r=1}^s \lambda_j Y_{rj} \geq 0 \\
 & \theta \sum_{i=1}^m v_i X_{io} - \sum_{i=1}^m \lambda_j X_{ij} \geq 0 \\
 & \sum \lambda_j \leq 1 \quad \lambda_j > 0
 \end{aligned}$$

به عبارت دیگر، ماهیت نوع بازده در عدم کارایی مقیاس برای یک بنگاه خاص با مقایسه مقدار کارایی فنی در حالت بازده غیر صعودی نسبت به مقیاس و با مقدار کارایی فنی بازده متغیر نسبت به مقیاس تعیین می‌شود. بدین صورت که اگر این دو با هم مساوی باشند، آنگاه بنگاه مورد نظر با بازده نزولی نسبت به مقیاس مواجه است و در غیر این صورت، شرط بازده صعودی نسبت به مقیاس برقرار خواهد بود.

مدل بالا را در روش DEA، مدل BCC با فرض بازدهی متغیر نسبت به مقیاس می‌نامند. بر اساس مدل BCC، کارایی محاسبه شده در مدل CCR به دو جزء کارایی مدیریتی و کارایی مقیاس تقسیم می‌شود.

ورودیها و خروجی‌های مدل DEA در ارزیابی کارایی اقتصاد دانش کشورهای منتخب^۱

در این بررسی عملکرد هر کشور در توسعه اقتصاد دانش به عنوان یک واحد قلمداد می‌شود که دارای یک سری ورودی و خروجی است. ورودیهای هر کشور در واقع عبارت است از آنچه که آن کشور در جهت توسعه اقتصاد دانش بکار برده تا با استفاده از آنها، خروجی یا خروجی‌هایی تولید شود.

^۱ آمارهای مربوط در پایگاه اطلاعاتی www.worldbank.org/data/ موجود است.

بدین ترتیب ورودیهای در نظر گرفته شده در این بررسی عبارتند از: ۱. شاخص توسعه انسانی؛ ۲. هزینه R&D. ۳. هزینه ICT^۱. همچنین خروجی این پژوهش عبارت است از: شاخص اقتصاد دانش KEI^۲ که در زیر با شرح مختصری به بررسی ورودیها و خروجیهای در نظر گرفته شده برای هر یک از کشورها می‌پردازیم.

ورودیها

ورودی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم، با ثابت فرض کردن سایر شرایط، کارایی را کاهش خواهد داد.

سرمایه انسانی

سرمایه انسانی به عنوان عامل اساسی هدایت، کنترل و مدیریت اقتصاد دانایی محور تلقی می‌شود و این افراد مطابق تخصص و تجربه خود در زمینه‌های مختلف سیستم اقتصادی به فعالیت می‌پردازند، بنابراین مطلوب و متناسب بودن تعداد این نیروها نقش مهمی در بهینگی این سیستم خواهد داشت.

R&D هزینه

یکی از الزامات اقتصاد دانش بنیان، زیرساختهای تسهیل‌کننده تحقیق و توسعه است. تحقیق و توسعه با تولید دانش و اطلاعات، سبب ایجاد ارزش آفرینی در نظام اقتصاد دانش شده و به عنوان یک ورودی در این تحقیق مدنظر است.

ICT هزینه

یکی از الزامات اقتصاد دانش بنیان، زیرساختهای تسهیل‌کننده ارتباطات، انتشار و پردازش اطلاعات است. فناوری ارتباطات و اطلاعات (ICT)، فناوری با سیستم‌های پیشرفته‌ای

¹. Information and Communication Technology Expenditure

². Knowledge Economics Indicator

است که سبب کاهش هزینه اطلاعات و سهولت دسترسی به مجموعه جامع‌تری از دانش و اطلاعات شده و به عنوان ورودی در این تحقیق مدنظر می‌باشد.

خروجی

خروجی در تحلیل پوششی داده‌ها عاملی است که با افزودن یک واحد از آن به سیستم و با ثابت فرض کردن سایر شرایط، کارایی را افزایش خواهد داد.

شاخص اقتصاد دانش KEI

شاخص اقتصاد دانش مربوط به هر کشور بر پایه متوسط شاخصهای نوآوری، آموزش و فناوری ارتباطات و اطلاعات بدست می‌آید.

استخراج نتایج مدل^۱

با در نظر گرفتن ورودیها و خروجی‌های و ارزیابی کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها نتایج زیر حاصل شده است.

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، میانگین کارایی مقیاس ۰/۸۴۴ و میانگین کارایی مدیریت ۰/۸۵۹ است و این بدین معنا است که کشورهای منتخب با ثابت فرض نمودن سایر شرایط هم به لحاظ مقیاس و هم به لحاظ مدیریت، دارای فضای خالی هستند، بنابراین باید با استفاده از روش خاصی از این منابع بطور بهینه استفاده شود. موضوع دیگری که با توجه به نتایج کارایی می‌توان به آن اشاره کرد، میانگین کل کارایی در کشورهای منتخب ۰/۷۲۹ است؛ یعنی از هزار واحد ظرفیت موجود اقتصاد دانش در کشورهای منتخب، تنها از ۷۲۹ واحد استفاده شده و ۲۷۱ واحد دیگر آن به عنوان ظرفیت قابل توسعه عملاً بدون استفاده مانده است، به عبارت دیگر می‌توان گفت هر کشور بدون افزایش ظرفیت خود و با همین ظرفیتهای موجود می‌تواند خروجی خود را ۲۷٪ افزایش دهد.

^۱. نتایج مطالعه براساس نرم افزار DEAP2 استخراج شده است.

بدین ترتیب می‌توان براساس یک فرآیند علمی ادعا نمود که کشورهای منتخب در جهت توسعه اقتصاد دانش ۲۷٪ زیر ظرفیت فعالیت می‌نمایند.

جدول ۱. میزان انواع کارایی به تفکیک کشورها در سال ۲۰۰۵

ردیف	نام کشور	کارایی فنی	کارایی مدیریت	کارایی مقیاس	نوع مقیاس
۱	آذربایجان	۰/۷۸۶	۰/۷۸۶	۱	بازده ثابت
۲	اردن	۱	۱	۱	بازده ثابت
۳	ازبکستان	۱	۱	۱	بازده فزاینده
۴	امارات	۰/۶۰۶	۰/۶۱۳	۰/۹۸۷	بازده کاهنده
۵	ایران	۰/۷۹۱	۰/۸۹۶	۰/۸۸۲	بازده کاهنده
۶	بحرین	۱	۱	۱	بازده ثابت
۷	پاکستان	۰/۳۳۱	۰/۴۷۴	۰/۶۹۸	بازده فزاینده
۸	تاجیکستان	۰/۶۹۴	۰/۹۰۱	۰/۷۷	بازده کاهنده
۹	ترکیه	۱	۱	۱	بازده ثابت
۱۰	کویت	۱	۱	۱	بازده ثابت
۱۱	سوریه	۱	۱	۱	بازده ثابت
۱۲	قزاقستان	۰/۵۴۹	۰/۷۲۹	۰/۷۵۳	بازده کاهنده
۱۳	قطر	۰/۶۵۵	۰/۹۳۵	۰/۷	بازده کاهنده
۱۴	لبنان	۰/۶۸۱	۰/۸۱۴	۰/۸۳۶	بازده کاهنده
۱۵	عربستان سعودی	۰/۵۷۹	۰/۷۷۲	۰/۷۵	بازده کاهنده
۱۶	عمان	۰/۶۴۵	۰/۸۳	۰/۷۷۷	بازده کاهنده
-	میانگین	۰/۷۲۹	۰/۸۵۹	۰/۸۴۴	-

ماخذ: محاسبات پژوهشگران.

رتبه بندی کشورهای دارای کارایی واحد

از آنجا که یکی از اهداف روش تحلیل پوششی داده‌ها، ارائه الگوی مرجع برای کشورهای ناکارا است، بنابراین بر اساس نتایج خروجی نرم‌افزار Deap2، الگوی مرجع برای هر یک از کشورهای مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. کشورهای الگو برای افزایش کارایی کشورهای منتخب در سال ۲۰۰۵

ردیف	نام کشور	کشور الگو ۱	کشورهای الگو ۲	کشورهای الگو ۲
۱	آذربایجان	ترکیه	ازبکستان	
۲	اردن	-	-	
۳	ازبکستان	-	-	
۴	امارات	اردن	ترکیه	بحرین
۵	ایران	ترکیه	سوریه	
۶	بحرین	-	-	
۷	پاکستان	ترکیه	بحرین	
۸	تاجیکستان	ترکیه	بحرین	
۹	ترکیه	-	-	
۱۰	کویت	-	-	
۱۱	سوریه	-	-	
۱۲	قزاقستان	ازبکستان	ترکیه	
۱۳	قطر	اردن	ترکیه	
۱۴	لبنان	ترکیه	اردن	
۱۵	عربستان سعودی	ترکیه	سوریه	
۱۶	عمان	کویت	ترکیه	

ماخذ: محاسبات پژوهشگران.

با توجه به اینکه شش کشور به عنوان کشورهای مرجع انتخاب شده اند، در ادامه به ارائه روشهایی که می توان براساس آن بهترین الگو (اولویت بندی بین کشورهای مرجع) را در میان کشورهای مرجع انتخاب نمود، پرداخته خواهد شد.

روش تعداد دفعات

اولین روش، مراجعه به تعداد دفعاتی است که کشور مورد نظر الگو و یا مرجع سایر کشورها قرار گرفته است. با توجه به این روش، کشور ترکیه به لحاظ اینکه دفعات بیشتری به عنوان الگو مطرح بوده؛ رتبه اول را در میان سایر کشورها کسب نموده است.

جدول ۳. روش تعداد دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی دادهها

تعداد	نام کشور
۱۰	ترکیه
۳	اردن
۳	بحرین
۲	ازبکستان
۲	سوریه
۱	کویت

ماخذ: محاسبات پژوهشگران.

روش مجموع وزنی تعداد دفعات

روش دیگری که برای رتبه‌بندی مطرح است، مراجعه به مجموع وزنی کشورهای دارای کارایی واحد در هر بار است که بعنوان الگو برای سایر کشورها مطرح بوده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود، با توجه به این روش نیز کشور ترکیه بعنوان رتبه اول در میان سایر کشورهای مورد مطالعه مطرح است.

جدول ۴. روش مجموع وزنی دفعات الگو بودن در روش تحلیل پوششی داده‌ها

نام استان	مجموع وزنی
ترکیه	۹/۰۱۹
اردن	۲/۰۳
بحرین	۱/۶۲۵
ازبکستان	۱/۴۸۱
سوریه	۱/۲۹۷
کویت	۱

ماخذ: محاسبات پژوهشگران.

از آنجا که روش مذکور از یک پایه تئوریک مستدلی برخوردار است، بنابراین می‌توان به نتایج حاصل از این روش اعتماد بیشتری داشت. شایان ذکر است که براساس هر دو روش، کشور ترکیه به عنوان بهترین کشور در زمینه اقتصاد دانش معرفی شده است.

جمع‌بندی و توصیه‌های سیاستی

از آنجایی که روش تحلیل پوششی داده‌ها، قابلیت ارائه نتایج با دو ماهیت ورودی و خروجی را دارد، پس از قدرت بیشتری در ارائه راهکار برای افزایش کارایی کشورهای منتخب در زمینه اقتصاد دانش برخوردار است. با این توصیف، نتایج ارزیابی کارایی کشورهای منتخب طی سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که کارایی فنی کشورها با میانگین ۰/۷۲۹ از وضعیت متوسطی برخوردار است و پنج کشور اردن، بحرین، ترکیه، کویت و سوریه در حالت کارایی کامل یا ۱۰۰٪ در زمینه اقتصاد دانش هستند. کارایی مدیریتی کشورها با میانگین ۰/۸۵۹ بیانگر وضعیت عملکردی مطلوبی است؛ به نحوی که پنج کشور اردن، ازبکستان، ترکیه، کویت و سوریه به عنوان کشورهای کارا محسوب می‌شوند. در زمینه کارایی مقیاسی نیز با میانگین ۰/۸۴۴ وضعیت مطلوبی ملاحظه می‌شود و تعداد شش کشور آذربایجان، اردن، بحرین، ترکیه، کویت و سوریه در مقیاس بهینه فعالیت می‌کنند.

بر مبنای نتایج حاصله، کارایی فنی، مدیریتی و مقیاس کشور ایران در زمینه اقتصاد دانش به ترتیب ۰/۷۹۱، ۰/۸۹۶ و ۰/۸۸۲ است. همچنین کشور ایران به منظور استفاده بهینه از ظرفیتهای خالی موجود، می‌تواند کشورهای ترکیه و سوریه را نیز الگوی خود قرار دهد.



پی‌نوشتها:

۱. امامی مبینی، علی. *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری*. تهران: انتشارات مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۷۹.
۲. رضایی، جواد. «ارزیابی کارایی نواحی سیزده‌گانه راه‌آهن ج.ا.ا». *پایان نامه کارشناسی ارشد*. دانشگاه شهید بهشتی، (۱۳۸۱).
۳. سند چشم‌انداز مصوب ج.ا.ا. ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی.
۴. سیاستهای کلی مصوب برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ج.ا. ایران.
۵. حسینی، شمس‌الدین و چهار محالی بیغش، اکبر. «اقتصاد دانش و شکاف توسعه در ایران». *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره ۱، (تابستان ۱۳۸۴): ص ۵۵-۸۲.
۶. فرهنگ، منوچهر. *فرهنگ علوم اقتصادی*. تهران: انتشارات البرز، ویرایش هفتم، ۱۳۷۸.
۷. ویستر، میریام. *Webster's-New Collegiate Dictionary*. تهران: انتشارات ارغوان، ۱۳۶۲.
8. Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W. W. "Some Models For Estimating Technical Scale Efficiencies in Envelopment Analysis"., *Management Science*, Vol.30, No. 9, (1984): 1078-1092.
9. Lee, S.K. *Economic Development Through Knowledge creation-The case of Korea*. The University of Suwon, Kyonggido, Korea., (2001).
10. Farrell, M. "The Measurement of Productive Efficiency"., *Journal of the Royal Statistics Society*, Series A, Vol.120, No.3, (1957): 253-281.
11. www.worldbank.org/data