فصلنامه پژوهشهای اقتصادی (رشد و توسعه پایدار) ـ سال بیست و یکم ـ شماره اول ـ بهار ۱۴۰۰ ـ صفحات ۱۴۶-۱۱۷

طبقه‌بندی استان‌های ایران از منظر شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی k-means و c-means فازی

زهرا علی‌نژاد[۱]
سیدمحمدباقر نجفی[۲]
جمال فتح‌اللهی[۳]
نادر زالی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۶

چکیده

اقتصاد دانش‌بنیان، جدیدترین الگوی تولید در عصر حاضر بوده و تاکنون، دستاوردهای کم‌نظیری برای طیف گسترده‌ای از کشورهای مختلف به همراه داشته است. هدف این مقاله، طبقه‌بندی استان‌های ایران از منظر اقتصاد دانش‌بنیان می‌باشد. طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس میزان تشابه آنها در دستیابی به الگوی تولید دانش‌بنیان، نخستین گام برای یک برنامه‌ریزی صحیح و واقع‌بینانه است. از نسخهٔ یکسانی برای استان‌های با وضعیت متفاوت، نمی‌توان استفاده کرد. شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای در سه محور اصلی آموزش، نوآوری و فنّاوری اطلاعات و ارتباطات و بر اساس ۱۵ زیرشاخص، تعریف، و طبقه‌بندی، بر اساس تکنیک خوشه‌بندی- یکی از شاخه‌های یادگیری بدون نظارت- انجام، و برای این منظور، دو الگوریتم k-means و c-means فازی به‌طور همزمان به کار گرفته شده است تا مقایسه نتایج آنها امکان‌پذیر شود. تعداد خوشه بهینه نیز از طریق ضریب سیلوئیت[۵] محاسبه شده است. این ضریب، همچنین میزان درستی نتایج خوشه‌بندی را نشان می‌دهد. خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم c-means فازی و در حالت ۶ خوشه با ضریب سیلوئیت ۰/۷۷ مناسب‌ترین طبقه‌بندی برای هدف پژوهش است. نتایج نشان می‌دهد، ناهمگونی مشهودی بین استان‌های مختلف از نظر اقتصاد دانش‌بنیان وجود دارد. تهران و البرز در خوشه‌های جداگانه و جزء طبقات پیشرو نسبت به سایرین قرار دارند؛ در حالی که بیش از نیمی از استان‌ها در خوشهٔ انتهایی طبقه‌بندی می‌شوند.

واژه‌گان کلیدی: اقتصاد دانش‌بنیان، شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای، خوشه‌بندی، الگوریتمc-means فازی، الگوریتم k-means
طبقه‌بندی JEL: C02, C88, O21, R19

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی alinezhad.zahra@razi.ac.ir
۲. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی (نویسنده مسؤول) najafismb@gmail.com
۳. استادیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی J.fathollahi@razi.ac.ir
۴. دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه گیلان Nzali@guilan.ac.ir

5. Silhouette Coefficient

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

۱. مقدمه

طی چند دهۀ گذشته، جهان در حال گذار از موج دوم اقتصاد صنعتی به موج سوم آن یا اقتصاد دانش‌محور بوده، و در این دوره، سرمایه‌گذاری در دانش، یادگیری، تحقیق و توسعه و فنّاوری، اهمیت ویژه‌ای یافته است. بانک جهانی و سازمان همکاری و توسعۀ اقتصادی[1] بر اهمیت دانش و نقش کلیدی آن در رشد اقتصادی و بهبود زندگی مردم، تأکید نموده‌اند (World Bank,1998; OECD, 1999: 8).

این الگوی تولید جدید، دستاوردهای بسیاری در عرصۀ اقتصاد برای جوامعی که با آن همراه شده‌اند، به ارمغان آورده است. بخش عمده رشد اقتصادی کره جنوبی به نهاده دانش نسبت داده شده است (Asian Development Bank, 2007). به عنوان شاهد دیگر این مدعا، می‌توان به ثروت خلق شده در دره سیلیکون[2] اشاره نمود (Savoie, 2009; Saxenian *et al.*, 2002). هانتسویل آلاباما، ایرلند، کارولینای شمالی، داکوتای شمالی و جنوب هند (بنگلور) نیز، از این مناطق بوده، که مناسبات خود را بر اساس اقتصاد دانش‌بنیان شکل داده و از نتایج آن، بهره‌مند شده‌اند (Savoie, 2009).

بنابر آنچه که گفته شد، پیاده‌سازی مناسبات اقتصاد دانش‌بنیان در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، بسیار حائز اهمیت بوده، و «ساختار اقتصاد ایران، به تولید کالاهای منبع‌گرا و دارای تکنولوژی سطح پایین وابسته است» (Momeni *et al.*, 2012: 8303). درآمدهای اندک و ناپایدار، جزء جدانشدنی چنین ساختار اقتصادی است و تغییر این ساختار تولیدی ناکارآمد، نیازمند برنامه‌ریزی می‌باشد. گام نخست الگوهای برنامه‌ریزی فضایی، برنامه‌ریزی راهبردی و برنامه‌ریزی مبتنی بر آینده‌نگاری، تبیین وضع موجود، و به عبارتی، خروجی بررسی وضعیت موجود، ورودی برنامه‌ریزی و سیاستگذاری است (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰: ۳۶).

استان‌هایی که دارای وضعیت مشابهی هستند، نقطه شروع مشترکی در برنامه‌ریزی خواهند داشت. به بیان دیگر، می‌توان نسخه مشابهی برای آنها ارائه داد و طبقه‌بندی استان‌ها برای این منظور مفید خواهد بود. از آنجا که منطقه‌بندی‌های موجود با اهداف آمایشی و معیارهای غیردانشی انجام شده‌اند، بنابراین، برای برنامه‌ریزی اقتصاد دانش‌بنیان مناسب نیستند. از همین رو، هدف اصلی این پژوهش، طبقه‌بندی استان‌ها از منظر اقتصاد دانش‌بنیان است.

در طبقه‌بندی به دو مسأله باید توجه شود؛ معیارهایی که بر اساس آن، طبقه‌بندی صورت گیرد؛ و روش طبقه‌بندی. از سوی سازمان‌های بین‌المللی همچون بانک جهانی، شاخص‌های متعددی برای

1. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
2. Silicon Valley

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

بررسی وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان در سطح ملی ارائه شده است؛ اما بسیاری از کشورهای در حال توسعه، با مشکل محدودیت داده و اطلاعات مواجه هستند. برای بسیاری از متغیرهای مهم و تعیین کننده تولید، توزیع و کاربرد دانش، داده‌ای به شکل مدون و رسمی موجود نیست، یا نیازی برای گردآوری این اطلاعات تا کنون احساس نشده است و یا سیستم‌های آماری موجود، توان انجام چنین کاری را ندارند.

در هر صورت، شاخص‌های جهانی برای ارزیابی‌های منطقه‌ای در این کشورها، بدون استفاده خواهد بود. بنابراین، به ناچار می‌باید از شاخص‌های منطقه‌ای موجود و تطبیق آن‌ها با داده‌های در دسترس کمک گرفت. در این مطالعه، از شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای پوپوف و کوچتکوف (Popov & Kochetkov, 2019) استفاده شده است که در ادامه، به دلایل انتخاب آن اشاره می‌شود.

مسأله دوم، انتخاب روشی است که به کمک آن، بتوان استان‌های با وضعیت مشابه را شناسایی کرد. از آنجا که در این رابطه، روش از پیش تعیین شده‌ای برای تجمیع داده‌های متنوع و متعدد وجود ندارد، روش‌های طبقه‌بندی نظارت نشده[1] مفید خواهد بود. تکنیک خوشه‌بندی، یکی از شاخه‌های یادگیری بدون نظارت است که برای استخراج الگو در میان چنین داده‌هایی به کار گرفته می‌شود؛ زیرا این روش‌ها، در صورت فقدان هر نوع دانش قبلی در ارتباط با اینکه طبقه‌ها ممکن است به چه شکلی باشند، مناسب هستند (Jain, Murty & Flynn, 1999; Gan, Ma & Wu, 2007). بر همین اساس، طبقه‌بندی استان‌ها بر اساس تکنیک خوشه‌بندی انجام شده است.

۲. مبانی نظری

واژۀ اقتصاد دانش‌محور برای نخستین بار توسط سازمان همکاری و توسعۀ اقتصادی به کار گرفته شد. از این منظر، «اقتصاد دانش محور، اقتصادی است که مستقیماً مبتنی بر تولید، توزیع و کاربرد دانش و اطلاعات می‌باشد» (OECD, 1996: 7). دانش، مهم‌ترین نهاده تولید ثروت در چنین الگویی است (OECD, 1999)؛ به طوری که نیروی محرکه اقتصاد قرن بیست و یکم، به‌شدت بر نوآوری در دانش متمرکز شده است (Kao, 2004: 1).

برندۀ جایزۀ نوبل، استیگلیتز (Stiglitz, 1999)، بر این باور است که در عصر حاضر، «کسانی مانند بیل گیتس که بهتر از دیگران راه تولید دانش را می‌دانند، پاداش‌ها را تصاحب خواهند کرد». بر طبق تعریف ارائه شده، نه تنها خلق دانش بلکه زنجیره‌های توزیع و به کارگیری آن نیز در عصر دانایی، اهمیت ویژه می‌یابد.

1. Unsupervised Classification

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

در پی ظهور اقتصاد دانش‌بنیان، مفهوم جدیدی از صنایع با عنوان صنایع دانش‌بنیان، مورد توجه قرار گرفت. «کلیدی‌ترین، عامل تولید این نوع صنایع، تکنولوژی و سرمایه انسانی است» (OECD, 1999: 18). مهم‌ترین ویژگی صنایع دانش‌محور، سطح بالای سرمایه‌گذاری برای ارتقای نوآوری، کاربرد سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در تکنولوژی‌های در دسترس و نیروی کار دارای تحصیلات عالی عنوان شده است (Godin, 2003:12). تغییر در اولویت‌های سرمایه‌گذاری تجاری، از دارایی‌های فیزیکی به دارایی‌های ناملموس دانش‌بنیان و رشد فزاینده نیروی کار تحصیل‌کرده و واجد شرایط نیز، از دیگر خصیصه‌های این صنایع است (Brinkley *et al.*, 2012: 9).

تقسیم‌بندی‌های مختلفی از صنایع برای ارزیابی دانش‌بری آنها ارائه شده است. نخستین بار، شورای ملی پژوهش ایالات متحده آمریکا[1]در سال ۱۹۳۳ از نسبت مخارج تحقیق و توسعه به فروش، برای طبقه‌بندی صنایع کشورهای صنعتی استفاده کرد. بر این اساس، صنایع در سه طبقهٔ با فنّاوری بالا، متوسط و پایین، جای می‌گیرند که نسبت مخارج تحقیق و توسعه به فروش آنها، به ترتیب، بیش از ۱۰ درصد، بین ۵ تا ۱۰ درصد و کمتر از ۱۰ درصد است (Godin, 2004).

سازمان همکاری اقتصادی و توسعه در اواسط دههٔ ۱۹۹۰ میلادی، تقسیم‌بندی گسترده‌تری از صنایع، ارائه داده است. در این تقسیم‌بندی، صنایع با توجه به هزینه‌های تحقیق و توسعه در چهار طبقه: صنایع با فنّاوری بالا، صنایع با فنّاوری بالاتر از متوسط، صنایع با فنّاوری پایین‌تر از متوسط و صنایع با فنّاوری پایین جای می‌گیرند (OECD, 2009: 32) که وضعیت این صنایع، بر اساس گروه‌های عمدهٔ فعالیت، در شکل (۱) ارائه شده است.

لعل[2] به دسته‌بندی محصولات و کالاهای تولیدی از منظر نوع تکنولوژی به کار برده شده در تولید آنها، پرداخته، و بر این اساس، محصولات متکی بر منابع[3]شامل محصولات و کالاهای تولیدی ساده و کاربر است. منشأ مزیت رقابتی در اغلب این محصولات، دسترسی به منابع طبیعی محلی می‌باشد. محصولات با فنّاوری سطح پایین[4] از لحاظ کیفیت یکسان بوده و تنها رقابت بر سر قیمت بوده، و بنابراین هزینهٔ نیروی کار، عامل مهم رقابت‌پذیری در این محصولات است. گروه محصولات با فنّاوری سطح متوسط[5]با فنّاوری پیچیده، سطح نسبتاً بالای تحقیق و توسعه، مهارت‌های پیشرفته و دوره‌های آموزشی بلندمدت مرتبط‌اند. محصولات با فنّاوری سطح بالا[6] نیازمند فنّاوری پیشرفته، دارای تغییرات سریع، همراه با هزینه‌های بالای تحقیق و توسعه و نیز مبتنی بر طراحی محصول هستند. فنّاوری‌های پیشرفته نیاز به زیرساخت‌های فنّاوری پیچیده، سطح بالایی از مهارت‌های فنّاورانه تخصصی، تعامل نزدیک بین بنگاه‌ها، بنگاه‌ها و دانشگاه‌ها یا مؤسسات تحقیقاتی دارند (Lall, 2000: 8).

1. United States National Research Council
2. Lall
3. Resource Based
4. Low Technology
5. Medium Technology
6. High Technology

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

شکل ۱. تقسیم‌بندی صنایع توسط سازمان همکاری اقتصادی و توسعه از منظر هزینه‌های تحقیق و توسعه

برای ارزیابی میزان دستیابی جوامع مختلف به این الگوی تولید نوظهور، چندین سازمان بین‌المللی در سطح جهانی اقدام به معرفی شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان نموده‌اند. سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی و بانک جهانی، دو سازمان مهم در این زمینه هستند. سازمان همکاری و توسعهٔ اقتصادی (۱۹۹۶)، بر انباره و جریان دانش، نرخ بازده دانش، شبکه‌های توزیع و یادگیری در کنار ورودی‌های دانش به عنوان محورهای مفید ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان تأکید نموده، و «روش‌شناسی این سازمان، دربردارنده بیش از ۲۰۰ شاخص مختلف است» (Popov & Kochetkov, 2019).

برخی از شاخص‌های مورد نظر این سازمان، عبارتند از: «میزان ورودی و جریان تحقیق و توسعه، استفاده از انواع مختلف فنّاوری در صنایع بویژه فنّاوری اطلاعات، تعداد پتنت‌های ثبت شده در سطح ملی و بین‌المللی برای ردیابی بهتر جریان انتشار دانش، بازدهی فردی، بنگاهی و اجتماعی از منظر اشتغال، بهره‌وری، رقابت‌پذیری، فرایندهای نوآوری و شاخص‌های مرتبط با آموزش سرمایه انسانی» (OECD, 1996: 43).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

روش بانک جهانی مبتنی بر ۱۰۹ شاخص ساختاری و کیفی بوده که عملکرد ۱۴۶ کشور را در ۴ رکن اساسی شامل مشوق‌های اقتصادی و رژیم‌های نهادی، آموزش، نوآوری و فنّاوری اطلاعات و ارتباطات را نشان می‌دهد (World Bank, 2007; World Bank, 2013). این شاخص، نشان می‌دهد که تا چه حد، محیط برای به کارگیری مؤثر دانش در جهت توسعه اقتصادی، مهیا است.

شاخص‌های بین‌المللی اقتصاد دانش‌بنیان، در سطح ملی کاربرد دارند؛ اما ناهمگونی در محدودهٔ مرزهای جغرافیایی هر کشور نیز، دور از انتظار نیست. اقتصادهای در حال توسعه، ترکیبی از پهنه‌های کوچک برتر و پهنه‌های وسیعی از مناطق پست‌تر هستند. شاخص‌های منطقه‌ای، به منظور بررسی این ناهمگونی‌ها تعریف شده‌اند. در این رابطه، می‌توان به شاخصی که متشکل از سه محور آموزش، نوآوری و زیرساخت‌های فنّاوری اطلاعات و ارتباطات است، اشاره کرد. این شاخص برای کشورهایی که با محدودیت داده برای سنجش اقتصاد دانش‌بنیان مواجه هستند، می‌تواند مفید باشد (Tyshchenko 2013; Popov & Kochetkov, 2019).

نقطه قوت دیگر این روش، ارزیابی ورودی‌ها و خروجی‌های اقتصاد دانش‌بنیان، به طور همزمان می‌باشد؛ به این صورت که، هم پیش‌نیازهای تحقق الگو و هم، میزان دستیابی به آن، تحت عنوان شاخص‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود. اجزای این شاخص در جدول (۱)، ارائه شده است.

جدول ۱. اجزای شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای بر اساس مدل پوپوف و کوچتکوف

شاخص	نوع	اجزای هر شاخص
نوآوری و فنّاوری	ورودی	سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت، کاهش/ افزایش در شغل‌های با فنّاوری بالا، مخارج شرکت‌ها بر روی نوآوری‌های فنّاورانه، فنّاوری‌های پیشرفته تولیدی به کار گرفته شده، موارد مالکیت فکری به کار گرفته شده
	خروجی	بهره‌وری نیروی کار، سهم صنایع پیشرفته و دانش‌بر از GRP[1]، فعالیت‌های نوآورانه سازمان‌ها
علم و آموزش	ورودی	سهم هزینه‌های داخلی در زمینه تحقیق و توسعه از GRP، تعداد کارکنان مرتبط با تحقیق و توسعه، تعداد اعضای هیأت علمی
	خروجی	ضریب فعالیت‌های نوآورانه، توسعه فنّاوری‌های پیشرفته تولید
فنّاوری اطلاعات و ارتباطات	ورودی	سهم سازمان‌هایی که از رایانه‌های شخصی استفاده می‌کنند، سهم سازمان‌هایی که از اینترنت استفاده می‌کنند.

مأخذ: پوپوف و کوچتکوف (Popov & Kochetkov, 2019).

1. Gross Regional Product

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

۳. مروری بر مطالعات تجربی

مطالعات تجربی در دو محور مرتبط با موضوع پژوهش، مرور شده است؛ ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان و کاربرد روش خوشه‌بندی در اقتصاد. در ادامه، برخی از آنها مرور می‌شود.

مطالعات خارجی

ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان

پوپوف و کوچتکوف (Popov & Kochetkov, 2019)، بر اساس یک شاخص ترکیبی متشکل از سه محور آموزش، نوآوری و فنّاوری اطلاعات و ارتباطات، به ارزیابی مناطق مختلف روسیه از منظر اقتصاد دانش‌بنیان پرداخته‌اند. در این مطالعه، از تکنیک ماکزیمم- مینیمم[1] برای نرمال‌سازی داده‌ها و جمع‌ساده زیرشاخص‌ها برای محاسبه شاخص هر منطقه استفاده شده است.

ریم و همکاران (Rim *et al.*, 2019)، شاخص‌های کلیدی تعیین وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان و روش‌های آماری ارزیابی آن را در مطالعه خود مورد بررسی قرار داده‌اند.

پلیاکوف، شوچنکو و بیلوزوبنکو (Polyakov, Shevchenko & Bilozubenko, 2018)، برای ارزیابی سطح اقتصاد دانش‌بنیان از مؤلفه‌های علم، آموزش، فنّاوری اطلاعات و ارتباطات، فنّاوری‌های تولید و کسب و کار نوآورانه استفاده کرده‌اند. این مطالعه، با هدف خوشه‌بندی کشورهای منتخب در دو مقطع زمانی ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ با استفاده از الگوریتم k-means انجام شده است.

باکرچی (Bakırcı, 2018)، شاخص اقتصاد دانش‌بنیان معرفی شده توسط بانک جهانی و شاخص نوآوری را برای ارزیابی وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان در ترکیه به کار گرفته است.

دلگادو -مارکز و گارسیا- ولاسکو (Delgado-Márquez & García-Velasco, 2017)، با معرفی یک شاخص جدید، مناطق مختلف اروپایی را بر اساس میانگین وزنی مؤلفه‌های مختلف اقتصاد دانش‌بنیان و الگوریتم k-means خوشه‌بندی کرده‌اند. این شاخص ترکیبی، دسترسی به منابع دانش تخصصی یک منطقه که به طور معمول در بازیگران منطقه‌ای تعبیه می‌گردد را در اروپا اندازه‌گیری می‌کند.

دسپوتوویک، سواتانویک و ولادیمیر (Despotovic, Cvetanovic & Vladimir, 2015)، بر اساس سطوح آمادگی برای توسعه اقتصاد دانش، نوآوری و رقابت‌پذیری و روش تحلیل خوشه‌ای، به تحلیل مقایسه‌ای کشورهای منتخب پرداخته‌اند.

د لا پاز-مارین، گوتیرز و هرواس مارتینز (De la Paz-Marín, Gutierrez & Hervás-Martínez, 2015)، در مطالعهٔ خود، ۵۴ کشور را بر اساس میزان پیشرفت در اقتصاد دانش‌بنیان و با استفاده از شاخص بانک جهانی، در ۴ گروه، خوشه‌بندی کرده‌اند. خوشه‌ها به ترتیب، از اقتصاد دانش‌بنیان‌های

1. Min-Max Normalization Technique

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

اولیه تا پیشرفته با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، مرتب شده‌اند. سپس، از یادگیری ماشین برای دستیابی به مدلی برای طبقه‌بندی کشورها با توجه به مرحله گذار آنها به اقتصاد دانش‌بنیان به عنوان ابزار نظارت برای سیاست‌گذاران و ذی‌نفعان، استفاده شده است.

فوسس و کورینا (Fucec & Corina, 2014)، تحلیل خوشه‌ای را برای بررسی ۲۷ کشور اتحادیه اروپا از منظر اقتصاد دانش‌بنیان، به کار گرفته‌اند. هدف اصلی این مطالعه، تعیین جایگاه رومانی در بین سایر کشورهای مورد نظر بوده است.

روش‌شناسی و شاخص استفاده شده در مقالهٔ پوپوف و کوچتکوف، برگرفته از مطالعهٔ تاشچنکو (Tyshchenko, 2013) است. تاشچنکو برای ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان در سطح منطقه و شناسایی مناطق پیشرو، از این شاخص استفاده کرده است.

الشامی و همکاران (Al Shami, 2011)، شاخص یکپارچه‌ای برای ارزیابی نرخ کلی دانش با استفاده از سیستم مبتنی بر قانون فازی در یک اقتصاد، ارائه داده‌اند. در این مطالعه، از چهار شاخص استفاده شده است؛ شاخص اقتصاد دانش‌بنیان از بانک جهانی، شاخص توسعه فنّاوری اطلاعات و ارتباطات از سازمان ملل متحد، شاخص رقابت‌پذیری جهانی از مجمع جهانی اقتصاد و گزارشات سالانه رقابت‌پذیری جهانی از مؤسسه توسعه مدیریت.

چرچی و همکاران (Cherchye, 2009)، بر ساخت یک شاخص ترکیبی برای ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان در شرایط وجود داده‌های غیردقیق و مبهم با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. در چنین شرایطی، تنها مرزهای داده‌ها مشخص بوده و اعداد دقیق، اغلب نادرست هستند. در این مطالعه، کشورها در سه دستهٔ کشورهای معیار، کشورهای به طور بالقوه معیار، و رو به بهبود، طبقه‌بندی شده‌اند.

کاربرد روش خوشه‌بندی

د لیما آلمیدا و د فریتاس بالانکو (de Lima Almeida & de Freitas Balanco, 2020)، تحلیل خوشه‌ای را برای بررسی تغییرات ساختاری در اقتصاد ایالات متحده آمریکا و یافتن دوره‌هایی با شباهت ساختاری طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ به کار گرفته‌اند.

کنستانتوپولوس و همکاران (Constantopoulos, 2019)، الگوریتم k-means را برای ایجاد گروه‌هایی همگن از کشورهای عضو OECD به کار گرفته‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد، یونان و اسپانیا پس از بحران ۲۰۰۸، در خوشه‌های متفاوتی نسبت به قبل دسته بندی شده‌اند. این تغییر جایگاه، در یونان با اصلاحات انجام شده از سال ۲۰۰۸، مطابقت دارد.

اهلبورن و شوویکرت (Ahlborn & Schweickert, 2019)، رویکرد خوشه‌بندی را برای شناسایی سیستم‌های اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و صنعتی به کار گرفته‌اند. اهلبورن،

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

آرسن و شوویکرت (Ahlborn, Ahrens & Schweickert, 2016)، همین مسأله را در یک نمونه کوچک‌تر متشکل از کشورهای عضو OECD و کشورهای اروپای مرکزی و شرقی[1] بررسی کرده‌اند. در هر دو مطالعه، نتایج خوشه‌بندی معنادار بوده است.

قاضی نوری، نریمانی، خاموشی و کاظمی (Ghazinoory et al., 2017)، خوشه‌بندی فازی را برای تست همگرایی پیامدهای سیاستی آموزه‌های دو رویکرد اقتصاد نئوکلاسیک و تکاملی در زمینه نوآوری و فنّاوری به کار برده‌اند. منطق استفاده از تکنیک خوشه‌بندی فازی در این مطالعه، به این شکل آمده است: اگر قرار دادن پیامدهای سیاستی حاصل از دو دکترین در دو خوشه جداگانه معنی‌دار باشد، فرضیه همگرایی رد خواهد شد و بالعکس.

آندرهوفسکی، بولکا و هودکوف (Andrejovská, Buleca & Hudákova, 2016)، با هدف ایجاد گروه‌های اقتصادی معنادار از کشورهای اتحادیه اروپا، از رویکرد خوشه‌بندی استفاده کرده‌اند. در این پژوهش، کاربرد روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی و غیرسلسله مراتبی در بخش کشاورزی بر اساس نتایج به دست آمده، بررسی و تأیید شده است.

دیولی اغلو و کانتارچی (Develioğlu & Kantarci, 2012) در مقاله‌ای، با استفاده از الگوریتم k-means به گروه‌بندی کشورهای بالکان بر اساس شاخص رقابت‌پذیری جهانی پرداخته‌اند.

مطالعات تجربی دیگری از این رویکرد، برای گروه‌بندی کشورهای صنعتی بهره گرفته‌اند (Danforth, 2014; Bambra, 2007; Kautto, 2002; Gough, 2001).

مطالعات داخلی

امجدی، مهرابی بشرآبادی و جهان‌آرای (۱۳۹۹)، در مطالعهٔ خود، استان‌های کشور را از منظر شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان، رتبه‌بندی کرده‌اند. برای این منظور، ۲۰ شاخص در قالب ۵ مؤلفه (زیرساخت فنّاوری اطلاعات و ارتباطات، آموزش و منابع انسانی، رژیم‌های نهادی و اقتصادی، تحقیق و توسعه و عملکردی) ابتدا بر اساس آنتروپی شانون، وزن‌دهی شده و سپس استان‌ها بر اساس مدل تاپسیس رتبه‌بندی شده‌اند.

غفاری‌فرد و ملکی‌نصر (۱۳۹۸)، با رویکرد شاخص ترکیبی و بر اساس روش تلفیقی تحلیل سلسله‌مراتبی تاپسیس به رتبه‌بندی استان‌های کشور از منظر اقتصاد دانش‌بنیان پرداخته‌اند. در این مطالعه، از داده‌های سال ۱۳۹۴ استفاده شده است. تحلیل سلسله‌مراتبی با کمک نظرات ۵ نفر از استادان دانشگاه در حوزهٔ توسعه منطقه‌ای و اقتصاد دانش‌بنیان، برای بررسی ارجحیت هریک از شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان نسبت به بقیه، به کار گرفته شده است.

1. Central and Eastern European Countries (CEECs)

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

رودری، زاینده‌رودی و مهرابی بشرآبادی (۱۳۹۷)، جایگاه ایران در میان کشورهای منطقه را بر اساس ۱۴متغیر در قالب ۴ مؤلفهٔ اقتصاد دانش‌بنیان، مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه، از روش‌های خوشه‌بندی مبتنی بر الگوریتم k-means و تحلیل تمایزی چندگروهی استفاده شده است که در نهایت، کشورهای موردنظر در سه خوشه، گروه‌بندی شده‌اند.

عزیزی و مرادی (۱۳۹۷)، شاخص‌های اصلی و فرعی اقتصاد دانش‌بنیان را برای ایران طی دورهٔ زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۶ محاسبه نموده‌اند. داده‌های مورد استفاده برای محاسبه شاخص اقتصاد دانش‌بنیان در این مطالعه، مطابق با پژوهش وینچک و همکاران[1](Vinnychuk *et al.*, 2014)، تعدیل شده است.

نوری، بنیادی نائینی و اسماعیل‌زاده (۱۳۹۵)، به تعیین جایگاه ایران بین کشورهای منطقه از منظر اقتصاد دانش‌بنیان بر اساس الگوریتم خوشه‌بندی k-means در سال ۲۰۱۲ پرداخته‌اند. در این مطالعه، کشورهای منطقه در چهار دستهٔ پیشرو، میانه‌رو، دنباله‌رو و نوپا خوشه‌بندی شده‌اند.

انتظاری و محجوب (۱۳۹۲)، در مطالعهٔ خود، تحولات اقتصاد دانش را طی دورهٔ ۱۵ ساله با استفاده از یک شاخص ترکیبی متشکل از صنایع دانش، صنایع دانش‌بنیان، جامعه یادگیری، جامعه اطلاعاتی و دولت دانش، مورد بررسی قرار داده‌اند.

تشکینی و عریانی (۱۳۹۲)، به مقایسه تطبیقی ایران و کشورهای برتر جهان و منطقه بر مبنای شاخص اقتصاد دانش پرداخته‌اند. برای این منظور، از شاخص‌های ارائه شده توسط بانک جهانی بهره گرفته‌اند.

عباسیان و دلیری (۱۳۹۱)، شاخص اقتصاد دانش‌بنیان را برای استان‌های ایران برآورد کرده‌اند. در این پژوهش، از تکنیک تحلیل عاملی استفاده شده است.

بررسی مطالعات نشان می‌دهد، تلاش‌های متعددی برای ارزیابی وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان با کمک روش‌ها و تکنیک‌های مختلف، صورت گرفته، اما اغلب مطالعات صورت گرفته در داخل، مربوط به سطح ملی بوده و به بررسی جایگاه ایران در بین گروه‌هایی از کشورهای منتخب بنابر اهداف هر پژوهش، اختصاص یافته است. در بین پژوهش‌های صورت گرفته در داخل، تا کنون تنها سه مورد، به بررسی وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان در سطح منطقه‌ای (استانی) پرداخته‌اند و در هر سه مورد، رتبه‌بندی استان‌ها مورد نظر بوده، که یکی از آنها بر اساس اطلاعات سال ۱۳۸۶ بوده (عباسیان و دلیری، ۱۳۹۱) و در دو مورد دیگر، از تکنیک‌های تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

با توجه به اینکه از طرفی، مطالعات اقتصادی، یکی از ارکان مهم ماهیت چهارگانه برنامه‌ریزی منطقه‌ای است (زیاری، ۱۳۹۶: ۶۱) و از طرف دیگر، با توجه به ضرورت و اهمیت برنامه‌ریزی منطقه‌ای

1. Vinnychuk , O.; Skrashchuk, L. and I. Vinnychuk (2014) Research of Economic Growth in the context of Knowledge Economy *Intellectual Economics*, Vol. 8, No. 1(9): 116-127.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

برای حل معضلات و مسائل ناشی از عدم توازن‌های موجود، هنوز شکاف پژوهشی قابل توجهی در این زمینه وجود دارد.

با توجه به مطالب گفته شده، مهم‌ترین جنبه‌های نوآوری پژوهش حاضر، به شرح زیر است:

- استفاده از یک شاخص منطقه‌ای اقتصاد دانش‌بنیان که در آن، شاخص‌های ورودی و خروجی اقتصاد دانش‌بنیان در هر مؤلفه تفکیک شده (Popov & Kochetkov, 2019) و شاخص معرفی شده توسط بانک جهانی و سایر مؤسسات بین‌المللی برای سطوح ملی مناسب‌تر است. در کشورهای در حال توسعه که اغلب با مشکل جدی محدودیت داده و اطلاعات ثبتی و مدون در زمینه اقتصاد دانش‌بنیان در سطح استان‌ها مواجه هستند، استفاده از شاخص‌های منطقه‌ای امکان‌پذیرتر است.
- تلاش در جهت کاهش شکاف پژوهشی موجود در زمینهٔ ارزیابی اقتصاد دانش‌بنیان در سطح منطقه‌ای، به عنوان یکی از ورودی‌های مهم برنامه‌ریزی منطقه‌ای.
- استفاده از الگوریتم فازی در کنار روش‌های سخت، همچون k-means برای خوشه‌بندی استان‌های کشور. روش c-means فازی نسبت به k-means این مزیت را دارد که عضویت در هر خوشه فازی است. این مشخصه، یک مزیت نسبت به خوشه‌بندی سخت است، چرا که تجزیه و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد (Ahlborn & Schweickert, 2019:7). بدین ترتیب، امکان استفاده از مزایای هر دو الگوریتم به طور همزمان برای ارزیابی بهتر، فراهم می‌شود و می‌توان با مقایسه نتایج، الگوریتم مناسب‌تر را برای مطالعات مشابه آتی شناسایی کرد.

۴. روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی، و در پی طبقه‌بندی استان‌های ایران بر اساس شاخص اقتصاد دانش‌بنیان منطقه‌ای است. طبقه‌بندی در مقاله حاضر، بر اساس شاخص ارائه شده در مطالعهٔ پوپوف و کوچتکوف (Popov & Kochetkov, 2019) انجام شده، و متشکل از سه رکن نوآوری و فنّاوری، علم و آموزش و فنّاوری اطلاعات و ارتباطات است (جدول ۱).

رکن مشوق‌های اقتصادی و رژیم‌های نهادی مربوط به شاخص بانک جهانی در شاخص پوپوف و کوچتکوف لحاظ نشده است. «مشوق‌های اقتصادی و رژیم‌های نهادی متشکل از سه شاخص موانع تعرفه‌ای و غیرتعرفه‌ای، کیفیت قانون‌گذاری و نقش قانون است» (World Bank, 2007: 29). هر سه شاخص مذکور، متغیرهای ملی هستند. یعنی در سطح ملی تعیین می‌گردند. قوانین و به طور کلی نهادهای رسمی، برای تمام استان‌های کشور، یکسان هستند. کاربرد این مؤلفه برای مواردی معنادار است که مناطق کشور از جهت تمام قوانین، همانند ایالت‌های مختلف آمریکا، تابع قوانین و

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

مقرارت یکسانی نباشد. بنابراین اختلاف چندانی از این نظر در بین استان‌های مختلف وجود نداشته و خللی در تجزیه و تحلیل‌ها ایجاد نخواهد شد.

در مرحلهٔ بعد، زیرشاخص‌ها در صورت لزوم، منطبق، و نهایی شده‌اند. بر این اساس، متغیرهایی که داده‌های ثبتی در سطح استانی برای آنها موجود نیست، با اطلاعات مشابه به شرحی که در جدول (۲) آمده است، جایگزین شده‌اند. با توجه به اینکه اطلاعات مربوط به حساب‌های منطقه‌ای (ارزش‌افزوده و تولید ناخالص)، تنها تا سال ۹۴ توسط مرکز آمار ایران، منتشر شده، محاسبات و تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس همین مقطع زمانی صورت گرفته است.

جدول ۲. اجزای انتخابی شاخص اقتصاد دانش بنیان منطقه‌ای

اجزای شاخص	منبع	برچسب
نسبت سرمایه‌گذاری کارگاه‌های صنعتی۱۰ نفرکارکن و بیشتر به شاغلان	مرکز آمار ایران	II1
نسبت شاغلان دارای مدرک تحصیلی ارشد و دکتری در کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفرکارکن و بیشتر	مرکز آمار ایران	II2
نسبت شاغلان صنایع با فنّاوری بالا در کارگاه‌های صنعتی ۱۰نفرکارکن و بیشتر	سالنامه آماری	II3
سرمایه‌گذاری (تغییرات اموال سرمایه ای) سرانه در صنایع با فنّاوری بالا	سالنامه آماری	II4
بهره‌وری نیروی کار	محاسبات محققان	IO1
نسبت ارزش‌افزوده صنایع با فنّاوری بالا و بالای متوسط از تولید ناخالص داخلی	مرکز آمار ایران	IO2
تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان	معاونت علمی و فنّاوری ریاست جمهوری	IO3
نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه کارگاه‌های دارای فعالیت تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی	مرکز آمار ایران	SI1
تعداد محققان کارگاه‌های دارای فعالیت تحقیق و توسعه	مرکز آمار ایران	SI2
تعداد اعضای هیأت علمی	سالنامه آماری	SI3
نسبت کارگاه‌های دارای فعالیت تحقیق و توسعه از کل کارگاه‌ها	مرکز آمار ایران	SO1
نسبت کارگاه‌های با فنّاوری بالا از کل کارگاه‌ها	سالنامه آماری	SO2
ضریب نفوذ رایانه	سالنامه آماری	ICT1
ضریب نفوذ اینترنت	سالنامه آماری	ICT2
سرانه خطوط پرسرعت ثابت اینترنت در بخش تجاری	مرکز آمار ایران	ICT3

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

متغیرهایی همچون حجم سرمایه‌گذاری کارگاه‌های صنعتی، ارزش‌افزوده و تولید ناخالص به شکل مستقیم، و برخی دیگر به شکل غیرمستقیم، تحت‌تأثیر درآمدهای نفتی‌اند. به همین دلیل، استان‌هایی که متأثر از بخش نفت و فعالیت‌های وابسته به آن هستند، در زمرهٔ مناطق با وضعیت مطلوب از منظر اقتصاد دانش‌بنیان قرار خواهند گرفت؛ در حالی که رانت حاصل از درآمدهای نفتی، تناسبی با الگوی تولید مبتنی بر دانش ندارد.

برای پرهیز از اریب نتایج، ابتدا سهم چهار گروه عمده فعالیت استخراج نفت خام، گاز طبیعی و خدمات پشتیبانی معادن، تولید کک، فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت، تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی و پالایشگاه‌ها از تولید ناخالص داخلی استان‌ها، محاسبه و مواردی که نسبت مذکور برای آنها بیشتر از میانگین کشوری است، از طبقه‌بندی حذف می‌شود.

تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از روش خوشه‌بندی انجام می‌گردد. در این فرایند، نمونه‌ها به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند که اعضای هر دسته مشابه یکدیگر هستند و اعضای موجود در یک خوشه با خوشه دیگر متفاوت است. تاکنون الگوریتم های مختلفی برای انجام خوشه‌بندی پیشنهاد شده است که به طور کلی، می‌توان آنها را به خوشه‌بندی افرازی، سلسله مراتبی و مبتنی بر چگالی تقسیم‌بندی کرد. k-means و c-means فازی از مشهورترین و کاربردی‌ترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی افرازی هستند. از هر دو روش، در این پژوهش استفاده شده است تا، هم از مزایای آنها به صورت همزمان استفاده گردد و هم، امکان مقایسه نتایج ایجاد شود. در ادامه، این دو الگوریتم به طور دقیق تشریح شده‌اند. این محاسبات در محیط نرم‌افزار متلب[1] انجام می‌گیرد.

الگوریتم k-means

در این روش، داده‌ها به تعداد خوشه‌های از پیش تعیین شده تقسیم می‌شوند. ایدهٔ اصلی، تعریف K مرکز برای هر یک از خوشه‌ها است. بهترین انتخاب برای مراکز خوشه‌ها در این الگوریتم، قرار دادن آنها در فاصله هر چه بیشتر از یکدیگر است. در ادامه، هر رکورد در مجموعه داده‌ها، به نزدیک‌ترین مرکز خوشه تخصیص داده می‌شود. برای این کار، از بهینه‌سازی تابع هدف استفاده می‌شود (Spath, 1985; Seber, 1984).

داده‌ها را $(x_1 \dots x_n)$ فرض کنید؛ به طوری که هر کدام از این داده‌ها دارای d ویژگی باشند. هدف خوشه‌بندی داده‌ها به K خوشه و ایجاد مجموعه $S = \{S_1 \dots . S_k\}$ است. هر Sj نشان دهندهٔ یک خوشه می‌باشد. انتخاب داده‌ها به گونه‌ای است که تابع مجموع مربعات درون خوشه‌ها کمینه شود. تابع هدف در رابطهٔ زیر ملاحظه می‌شود.

1. MATLAB

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

$$J = \min \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n} z_{ji} |x_i - \mu_j|^2 \quad (۱)$$

$$\mu_j = {}^{1}/_{n_j} \sum_{i=1}^{n} z_{ji} x_i \quad (۲)$$

$$z_{ji} = \begin{cases} 1 & if\ x_i \in S_j \\ 0 & else \end{cases} \quad (۳)$$

در این رابطه، منظور از μj میانگین اعضای خوشه Sj، و در حقیقت، کمینه کردن این مقدار، معادل بیشینه کردن میانگین مربعات فاصله بین نقاط در خوشه‌های مختلف است. برای تعیین فاصله داده با مرکز خوشه، می‌توان معیارهای مختلفی در نظر گرفت. یکی از روش‌های محاسبهٔ فاصله، فاصلهٔ اقلیدسی می‌باشد که در رابطهٔ زیر نشان داده شده است.

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_k - y_k)^2} \quad (۴)$$

در این رابطه، n تعداد ویژگی‌های داده را نشان می‌دهد. پارامترهای x_k و y_k نشان دهندهٔ kامین ویژگی برای دو رکورد x و y هستند (Webb, 2003). جزئیات این الگوریتم به شرح زیر است (صنیعی آباده، محمودی و طاهرپرور، ۱۳۹۴):

۱. انتخاب K داده دلخواه به عنوان مرکز خوشه؛
۲. برای هر داده در مجموعه داده، مقدار فاصله آن با مرکز خوشه محاسبه می‌شود. در این مرحله، از یک معیار فاصله مناسب استفاده می‌گردد؛
۳. با به روز رسانی مراکز خوشه‌ها، میانگین هر خوشه به دست می‌آید و یک مرکز جدید برای آن حاصل می‌شود؛
۴. مراحل ۲ و ۳ تا زمانی تکرار می‌شود که هیچ تغییری در خوشه‌ها رخ ندهد یا شرایط توقف الگوریتم برآورده شود.

مسالهٔ مهمی که در این جا وجود دارد، انتخاب بهینه تعداد خوشه‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه داده‌های موجود دارای برچسب‌های مشخص، و نیز تعداد خوشه‌ها از قبل مشخص نیستند، می‌توان با استفاده از تکنیک ضریب سیلوئیت، تعداد مناسب آنها را محاسبه کرد (Kaufman & Rousseeuw, 2009). این ضریب، تشابه میان نمونه‌ها در یک خوشه را بررس، و در حقیقت، شاخصی برای اندازه‌گیری مناسب بودن تعلق هر داده به خوشه‌اش را تعریف می‌کند. هر چه مقدار این پارامتر نزدیک به عدد ۱ باشد، تأییدی بر فشرده بودن خوشه است و داده‌های موجود در خوشه بیشتر به هم

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

نزدیک هستند. در صورتی که عدد به ۱- نزدیک باشد، به این مفهوم است که داده موجود در خوشه به خوشه‌های دیگر نزدیک‌تر است.

از طرف دیگر، این ضریب به نوعی برای ارزیابی خوشه‌بندی به کار برده می‌شود که بر اساس میزان شباهت درون خوشه‌ها و یا عدم شباهت یا فاصله بین خوشه‌ها، محاسبه می‌گردد. این معیار به عنوان شاخص ارزیابی درونی شناخته شده است. در ادامه، چگونگی محاسبهٔ این ضریب ملاحظه می‌شود:

$$a(i) = \frac{1}{|C_i|-1}\sum_{j\in C_i,\, i\neq j} d_{ij} \qquad (۵)$$

$$b(i) = \min_{k \neq i} \frac{1}{|C_k|} \sum_{j\in C_k} d_{ij} \qquad (۶)$$

$$S(i) = \begin{cases} \dfrac{b(i)-a(i)}{\max\{a(i)\,;\, b(i)\}} & if\ |C_i| > 1 \\ 0 & if\ |C_i| = 0 \end{cases} \qquad (۷)$$

در این روابط، a(i) میانگین فاصله هر نمونه در یک خوشه C_i را با دیگر نمونه‌های آن خوشه، و پارامتر b(i) نیز، کمینه میانگین فاصله نمونه i را با همهٔ نقاط، در دیگر خوشه‌ها محاسبه می‌کند. ضریب سیلوئیت با S به دست می‌آید. تعداد اعضای خوشه با $|C_i|$ نشان داده شده است. عبارت d_{ij} فاصلهٔ میان داده i و j را به دست می‌آورد (Rousseeuw, 1987).

الگوریتم c-means فازی

در این روش، هر نمونه به همهٔ خوشه‌ها تعلق دارد. مقدار این تعلق، با توجه به عددی که درجه عضویت تعلق هر رکورد را نشان می‌دهد، مشخص می‌شود. از جمله امتیازات این الگوریتم، همگرا بودن آن است. در ادامه، روابط ریاضی آن تشریح می‌گردد. تعداد خوشه ها (c) نیز، مشابه با روش k-means مشخص می‌شود. مراحل این الگوریتم، عبارتند از (صنیعی آباده، محمودی و طاهرپرور، ۱۳۹۴):

۱. انتخاب r، مقداردهی اولیه برای مقادیر تابع عضویت γ_{ji}؛
۲. محاسبه مراکز خوشه‌ها (mj)؛
۳. محاسبهٔ d_{ij}؛
۴. محاسبهٔ تابع عضویت؛

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

۵. در صورت همگرا نبودن مراحل ۲ تا ۴ تکرار شود.

تابع هدف در این روش، به صورت رابطه (۸) تعریف شده است:

$$J_r = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{g} y_{ji}^{r}\left|x_i - m_j\right|^2 \qquad (۸)$$

این تابع با توجه به شرایط زیر، باید کمینه شود. y یک ماتریس در اندازه n (تعداد سطر- تعداد نمونه‌ها) در g (تعداد ستون– تعداد خوشه‌ها) است. اجزای این ماتریس، دارای مقادیر بین صفر تا یک هستند و درجه عضویت را نشان می‌دهند. y_{ji} درجه تابع عضویت iامین نمونه با jامین خوشه را نشان می‌دهد. پارامتر r یک عدد حقیقی است که مقادیر بین یک تا بی‌نهایت را می‌تواند اختیار نماید و فازی بودن را کنترل می‌کند. داده‌ها با x نشان داده شده و mj مرکز jامین خوشه است. برای کمینه کردن تابع هدف ارائه شده در بالا، باید مشتق آن برابر صفر باشد که با محاسبهٔ آن، به روابط زیر برای yji و mj می‌رسیم.

$$y_{ji} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{g}\left(\frac{d_{ij}}{d_{ik}}\right)^{\frac{2}{r-1}}} \qquad (۹)$$

$$m_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{ji}^{r} x_i}{\sum_{i=1}^{n} y_{ji}^{r}} \qquad (۱۰)$$

محاسبهٔ dij به صورت رابطه (۱۱) است:

$$d_{ij} = |x_i - m_j| \qquad (۱۱)$$

یکی از روش‌های بررسی همگرایی الگوریتم، ارزیابی بر اساس رابطهٔ زیر است:

$$D_z \triangleq \left\{\sum_{j=1}^{g}\left|m_j(k) - m_j(k-1)\right|^2\right\}^{\frac{1}{2}} < \varepsilon \qquad (۱۲)$$

در این رابطه، مقدار mj(k) برابر با مرکز روی Kامین تکرار بوده، و ε مقدار حدی می‌باشد که مشخص شده است. شرط توقف، می‌تواند بر اساس معیارهای دیگری مانند مقادیر تابع عضویت یا تابع هزینه نیز تعریف شود (Webb, 2003).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

۵. نتایج تجربی

جداسازی استان‌های با درآمد نفتی بالا از خوشه‌بندی گام نخست می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه سهم ارزش‌افزودهٔ تولیدی گروه‌های عمده فعالیت مرتبط با بخش نفت، از کل تولید ناخالص داخلی استان‌ها، مطابق جدول (۳) به دست آمده، و ایلام، بوشهر، خوزستان، کهکیلویه و بویراحمد و مرکزی پنج استانی هستند که سهم مذکور برای آنها، بیش از میانگین کشوری بوده، و بنابراین خوشه‌بندی، بر اساس ۲۶ استان باقیمانده انجام شده است.

جدول ۳. سهم گروه‌های عمده فعالیت مرتبط با بخش نفت از تولید ناخالص داخلی استان‌ها

استان	آذربایجان شرقی	آذربایجان غربی	اردبیل	اصفهان	البرز	ایلام	بوشهر	تهران
نسبت	۳/۷۵	۰/۰۷	۰/۱۸	۸/۵۹	۲/۷۶	۲۶/۹۹	۳۷/۰۵	۲/۳۴
استان	چهارمحال و بختیاری	خراسان جنوبی	خراسان رضوی	خراسان شمالی	خوزستان	زنجان	سمنان	سیستان و بلوچستان
نسبت	۰/۲۵	۰/۳۴	۰/۲۹	۴/۷۳	۸۱/۴۸	۰/۶۹	۳/۴۲	۰/۰۰
استان	فارس	قزوین	قم	کردستان	کرمان	کرمانشاه	کهکیلویه و بویراحمد	گلستان
نسبت	۲/۷۲	۷/۹۰	۸/۵۱	۰/۰۳	۰/۷۶	۷/۰۹	۵۸/۵۵	۰/۹۵
استان	گیلان	لرستان	مازندران	مرکزی	هرمزگان	همدان	یزد	میانگین کشوری
نسبت	۰/۸۳	۴/۲۵	۰/۵۸	۲۲/۸۷	۱۰/۳۸	۰/۵۰	۰/۴۹	۱۸/۲۳

۵-۱. تعیین تعداد خوشه بهینه

برای تعیین تعداد خوشه بهینه، میانگین ضریب سیلوئیت با استفاده از دو الگوریتم k-means و c-means فازی، محاسبه و نتایج آن در جدول (۴) و نمودار (۱) ارائه شده، و در حالت ۲ خوشه، این ضریب در بالاترین مقدار خود و نزدیک به عدد یک قرار دارد که همان تعداد خوشه بهینه است. در این حالت، بر اساس هر دو الگوریتم یاد شده، استان تهران در یک خوشه و سایر استان‌ها در خوشه دیگر، جای می‌گیرند. استان تهران به دلیل پایتخت بودن، دارای امتیاز انباشت بیشتر دانش و زیرساخت‌های تولید و کاربرد آن است؛ اما نظر به اینکه طبقه‌بندی استان‌ها به این شکل، بسیار کلی بوده و امکان شناسایی استان‌های هم‌سنخ جهت برنامه‌ریزی اقتصاد دانش‌بنیان وجود ندارد، سایر خوشه‌بندی‌های دارای میانگین ضریب سیلوئت مثبت و نزدیک به یک نیز، بررسی می‌گردند.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

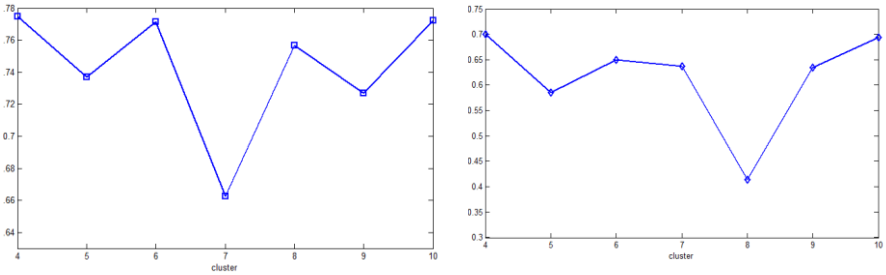
مطالعه حاضر، نتایج ۶ خوشه در حالت فازی را مناسب‌ترین گروه‌بندی و نتایج ۴ و ۱۰ خوشه در حالت k-means را به عنوان پاسخ جایگزین، برای تأمین هدف پژوهش، پیشنهاد می‌نماید. میانگین ضریب سیلوئیت در الگوریتم فازی و حالت ۶ خوشه، معادل ۰/۷۷ و در الگوریتم k-means و حالت ۴ و ۱۰ خوشه، به ترتیب، برابر با ۰/۷۰ و ۰/۶۹ است. در تمامی این موارد، میانگین ضریب سیلوئیت بیانگر صحت نتایج خوشه‌بندی است؛ اما با درجات متفاوت. این نتایج در ادامه، به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۴. میانگین ضریب سیلوئت با استفاده از الگوریتم k-means و فازی

خوشه	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
k-means	۰/۹۸۵۵	۰/۷۹۸۲	۰/۷۰۰۳	۰/۵۸۵۵	۰/۶۵۰۳	۰/۶۳۷۷	۰/۴۱۳۸	۰/۶۳۴۳	۰/۶۹۳۹
فازی	۰/۹۸۵۵	۰/۷۹۸۲	۰/۷۷۴۹	۰/۷۳۶۸	۰/۷۷۱۲	۰/۶۶۲۶	۰/۷۵۶۸	۰/۷۲۶۹	۰/۷۷۲۲

مأخذ: محاسبات محققان

نمودار ۱. تعداد خوشه در مقابل میانگین ضریب سیلوئت با استفاده از الگوریتم k-means و فازی



الگوریتم k-means الگوریتم c-means فازی

۵-۲. نتایج خوشه‌بندی

با استفاده از الگوریتم k-means و در حالت ۶ خوشه، نتایج طبقه‌بندی ۲۶ استان با توجه به ۱۵ شاخص مورد بررسی مطابق جدول (۵) به دست آمد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

جدول ۵. خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم فازی در حالت ۶ خوشه

خوشه	اعضای هر خوشه
۱	اصفهان
۲	آذربایجان‌شرقی، خراسان‌رضوی، فارس و مازندران
۳	البرز
۴	سمنان، قم، کرمان، همدان و یزد
۵	تهران
۶	آذربایجان‌غربی، اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان‌جنوبی، خراسان‌شمالی، زنجان، سیستان و بلوچستان، قزوین، کردستان، کرمانشاه، گلستان، گیلان، لرستان و هرمزگان

مأخذ: محاسبات محققان

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد، استان تهران، همچون حالت ۲ خوشه در یک طبقه مجزا نسبت به سایر استان‌ها جای می‌گیرد. به علاوه البرز و اصفهان نیز، در خوشه‌های جداگانه قرار می‌گیرند. مرکز هر خوشه، به تفکیک شاخص‌های فرعی محاسبه شده است که به کمک آن، می‌توان به موقعیت نسبی خوشه‌ها پی برد.

جدول (۶)، رتبه‌بندی ۶ خوشه بالا را در هر شاخص فرعی بر اساس مرکز آنها نشان می‌دهد. استان البرز در ۷ شاخص، شاغلان دارای مدرک تحصیلی ارشد و دکتری، شاغلان صنایع با فنّاوری بالا، سرمایه‌گذاری (تغییرات اموال سرمایه‌ای) سرانه در صنایع با فنّاوری بالا، ارزش‌افزوده صنایع با فنّاوری بالا و بالای متوسط، هزینه‌های تحقیق و توسعه و ضریب نفوذ رایانه و اینترنت، پیشرو بوده است. در سایر شاخص‌ها بجز سرمایه‌گذاری کارگاه‌های صنعتی، استان تهران حائز رتبه نخست می‌باشد.

خوشه ششم در اغلب موارد، پایین‌ترین وضعیت را در مقایسه با سایر خوشه‌ها دارد. این خوشه بیش از نیمی از استان‌های خوشه‌بندی شده را شامل می‌شود. به عبارتی، بخش گسترده‌ای از مناطق ایران در وضعیت نامناسبی از منظر اقتصاد دانش‌بنیان قرار دارند. این یافته‌ها تا حدود زیادی با نتایج گزارش معاونت برنامه‌ریزی وزارت صنعت، معدن و تجارت مطابقت دارد. در این گزارش، استان‌ها از منظر سطح توسعه‌یافتگی صنعتی در سه دستهٔ توسعه‌نیافته، کمتر توسعه‌یافته و توسعه‌یافته جای گرفته‌اند (زارع قلعه‌سیدی، ۱۳۹۶). بر این اساس، اعضای خوشه ششم در دسته توسعه‌نیافته و کمتر توسعه‌یافته جای گرفته‌اند.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

جدول ۶. رتبه‌بندی خوشه‌ها بر اساس مراکز آنها با استفاده از الگوریتم فازی و ۶ خوشه

برچسب/ خوشه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	برچسب/ خوشه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
II1	۱	۵	۲	۶	۳	۴	SI2	۲	۴	۳	۵	۱	۶
II2	۵	۳	۱	۶	۲	۴	SI3	۲	۳	۴	۵	۱	۶
II3	۴	۵	۱	۳	۲	۶	SO1	۴	۳	۲	۵	۱	۶
II4	۶	۳	۱	۵	۲	۴	SO2	۴	۵	۲	۱	۳	۶
IO1	۴	۵	۲	۳	۱	۶	ICT1	۳	۵	۱	۴	۲	۶
IO2	۳	۴	۱	۲	۵	۶	ICT2	۲	۵	۱	۴	۳	۶
IO3	۲	۴	۳	۵	۱	۶	ICT3	۶	۲	۴	۳	۱	۵
SI1	۴	۵	۱	۲	۳	۶	_						

مأخذ: محاسبات محققان

نتایج خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم k-means در حالت ۴ خوشه، در جدول (۷) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد، خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم k-means با روش فازی مطابقت دارد. تنها تفاوت، مربوط به جایگاه مازندران و همدان بوده، و استان مازندران، بین خوشه‌های میانی تغییر مکان داده است. منظور از خوشه‌های میانی در اینجا، طبقاتی هستند که در اغلب شاخص‌های فرعی نه پیشرو هستند و نه در پایین‌ترین سطح قرار دارند. وضعیت در مورد همدان، به‌گونهٔ دیگری بوده، و این استان در خوشه‌بندی اخیر، همردیف استان‌های با وضعیت نامطلوب‌تر جای گرفته است. نظر به اینکه گزارش معاونت برنامه‌ریزی وزارت صنعت، معدن و تجارت نیز، این استان را در دستهٔ توسعه‌نیافته صنعتی قرار داده، خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم k-means در این مورد، نتایج بهتری ارائه داده است.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

جدول ۷. نتایج خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم k-means در حالت ۴ خوشه

خوشه	اعضای هر خوشه
۱	البرز، سمنان، قم، کرمان، مازندران و یزد
۲	آذربایجان‌شرقی، اصفهان، خراسان‌رضوی و فارس
۳	تهران
۴	آذربایجان‌غربی، اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان‌جنوبی، خراسان‌شمالی، زنجان، سیستان و بلوچستان، قزوین، کردستان، کرمانشاه، گلستان، گیلان، لرستان، هرمزگان و همدان

مأخذ: محاسبات محققان

بررسی مراکز خوشه‌ها نشان می‌دهد، استان تهران در این حالت نیز، با فاصلهٔ قابل‌توجهی، جایگاه بهتری نسبت به سایرین به خود اختصاص داده است، و در بیش از دو-سوم شاخص‌های فرعی، حائز رتبه نخست یا دوم است. جایگاه بعدی، به خوشه اول یعنی استان‌های البرز، سمنان، قم، کرمان، مازندران و یزد اختصاص دارد. خوشه چهارم نیز که معادل خوشه ششم در حالت فازی است، همچنان در پایین‌ترین وضعیت قرار دارد. بنابراین از این منظر نیز، دو الگوریتم نتایج تقریباً مشابهی ارائه داده‌اند.

جدول ۸. رتبه‌بندی خوشه‌ها بر اساس مراکز آنها در حالت k-means و ۴ خوشه

برچسب/خوشه	۱	۲	۳	۴	برچسب/خوشه	۱	۲	۳	۴	برچسب/خوشه	۱	۲	۳	۴
II1	۴	۱	۳	۲	IO2	۱	۲	۳	۴	SO1	۲	۳	۱	۴
II2	۲	۴	۱	۳	IO3	۳	۲	۱	۴	SO2	۱	۳	۲	۴
II3	۱	۳	۲	۴	SI1	۱	۳	۲	۴	ICT1	۲	۳	۱	۴
II4	۲	۳	۱	۴	SI2	۳	۲	۱	۴	ICT2	۲	۳	۱	۴
IO1	۲	۳	۱	۴	SI3	۳	۲	۱	۴	ICT3	۲	۳	۱	۴

مأخذ: محاسبات محققان

جدول (۹)، نتایج خوشه‌بندی استان‌ها را بر اساس الگوریتم k-means در حالت ۱۰ خوشه نشان می‌دهد. استان‌هایی که در یک خوشه قرار گرفته‌اند، به لحاظ شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان در یک سطح هستند. این نتایج، می‌تواند به عنوان طبقه‌بندی جایگزین در برنامه‌ریزی‌های توسعه، مورد توجه قرار گیرد.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

جدول ۹. نتایج خوشه‌بندی بر اساس الگوریتم k-means در حالت ۱۰ خوشه

خوشه	اعضای هر خوشه	خوشه	اعضای هر خوشه
۱	اصفهان	۶	زنجان، قزوین، کرمانشاه و گلستان
۲	سمنان و قم	۷	تهران
۳	چهارمحال و بختیاری، خراسان‌شمالی، کردستان، لرستان و هرمزگان	۸	البرز، کرمان و مازندران
۴	اردبیل و خراسان‌جنوبی	۹	آذربایجان‌شرقی،خراسان‌رضوی و فارس
۵	همدان و یزد	۱۰	آذربایجان‌غربی، سیستان و بلوچستان و گیلان

مأخذ: محاسبات محققان

به منظور بررسی اعتبار نتایج، علاوه بر ضریب سیلوئیت، خوشه‌بندی استان‌های کشور در مقطع زمانی ۱۳۸۹ نیز، انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد، گروه‌بندی‌ها تا حدود زیادی مطابقت دارد. در هر دو مقطع، استان تهران در یک خوشه جداگانه به عنوان خوشه پیشرو و بیش از نیمی از استان‌ها در خوشه پایینی یا عقب مانده از منظر اقتصاد دانش‌بنیان قرار دارند. استان‌های آذربایجان‌شرقی، اصفهان، خراسان‌رضوی و فارس در هر دو مقطع زمانی و در حالت ۴ خوشه، متعلق به یک خوشه هستند. این هم‌گروهی، در حالت ۳ خوشه سال ۱۳۸۹ نیز مشاهده می‌شود. استان‌های کرمان و مازندران نیز، اگرچه در سال ۱۳۹۴ از چهار استان قبلی جدا شده‌اند، اما همچنان هم‌گروه هستند. این استان‌ها در هر دو مقطع، جزء خوشه‌های میانی هستند.

تفاوت خوشه‌بندی در دو مقطع، به سه استان سمنان، یزد و گیلان برمی‌گردد. در مقطع زمانی ۱۳۸۹، استان‌های سمنان و یزد در خوشه انتهایی قرار گرفته‌اند؛ اما به خوشه‌های میانی در سال ۱۳۹۴، ارتقا یافته‌اند. بررسی شاخص‌های فرعی این استان‌ها، حاکی از بهبود قابل توجهی در مورد ورودی‌های مؤلفهٔ علم و آموزش (هزینه‌های تحقیق و توسعه کارگاه‌های صنعتی، تعداد محققان کارگاه‌های صنعتی و ...) است. در تحقق این شرایط، نقش همجواری سمنان با تهران و یزد با اصفهان را نیز در این تغییرات، نمی‌توان نادیده گرفت.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پیرو تأکید بر ضرورت تحقق اقتصاد دانش‌بنیان در اسناد بالادستی برنامه‌ریزی، تاکنون تلاش‌های پراکنده‌ای در این رابطه، صورت گرفته است. سند چشم‌انداز بیست ساله و سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، از جمله مهم‌ترین این اسناد هستند؛ اما بدون در اختیار داشتن تصویر درستی از وضعیت

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

موجود، هر تلاشی برای برنامه‌ریزی، دستاورد چندانی نخواهد داشت. ارزیابی دقیق وضعیت اقتصاد دانش‌بنیان در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، به دلیل فقدان داده‌های مورد نیاز، مشکل است. شاخص‌های بین‌المللی نیز در این رابطه راه‌گشا نیستند. در این مقاله، تلاش شد با استفاده از یک شاخص منطقه‌ای و الگوریتم‌های خوشه‌بندی k-means و c-means فازی، الگوهایی کلی از استان‌هایی که دارای وضعیت مشابهی هستند، در محیط نرم‌افزار متلب، استخراج شود.

بر اساس نتایج این مقاله، تکنیک خوشه‌بندی، هم با استفاده از الگوریتم‌های سخت، همچون k-means و هم، در حالت فازی، گروه‌بندی‌های معناداری با احتساب ضریب خطای (ضریب سیلوئیت) گزارش شده، ارائه می‌دهد. گروه‌بندی استان‌ها در حالت ده خوشه چون نتایج را به شکل تفصیلی‌تری ارائه می‌دهد، برای برنامه‌ریزی اقتصاد دانش‌بنیان توصیه می‌گردد.

انباشت سرمایه‌های مادی و انسانی همچون شرکت‌های دانش‌بنیان، جذب نیروی کار دارای مدرک ارشد و دکتری و زیرساخت‌های فنّاوری اطلاعات و ارتباطات در پایتخت، استان تهران را در گروه مجزایی از سایرین قرار می‌دهد. این استان در شاخص‌های ورودی و خروجی علم و آموزش نیز، وضعیت مناسب‌تری نسبت به سایر استان‌ها دارد. تشابه و عملکرد مطلوب استان‌های قم و سمنان نیز ناشی از دو مؤلفهٔ تحقیق و توسعه و زیرساخت‌های مناسب فنّاوری اطلاعات و ارتباطات است. البته استان سمنان در رابطه با صنایع با فنّاوری بالا نیز، پیشرو است. وضعیت استان اصفهان با انباشت مناسب نیروی انسانی آموزش دیده، به عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد دانش‌بنیان قابل توضیح است. این استان از نظر اعضای هیأت علمی و تعداد محققان مشغول به فعالیت در واحدهای تحقیق و توسعهٔ کارگاه‌های صنعتی، جایگاه نسبتاً خوبی دارد. بر اساس مطالعهٔ عباسیان و دلیری (۱۳۹۱) و زارع قلعه‌سیدی (۱۳۹۶) نیز، استان‌های تهران، اصفهان و سمنان، جزء استان‌های پیشرو از منظر اقتصاد دانش‌بنیان شناخته شده‌اند.

گروه‌های شمارهٔ ۳، ۴ و ۱۰ جدول (۹)، تقریباً مشابه هستند. این استان‌ها در انتهای طیف توسعهٔ دانش‌بنیان قرار دارند. اگرچه قزوین و زنجان در گزارش معاونت برنامه‌ریزی وزارت صنعت، معدن و تجارت، جزء استان‌های توسعه‌یافته صنعتی هستند، اما با اعضای این سه گروه، همخوانی بیشتری دارند. استان‌های قزوین و زنجان، تنها در دو شاخص ارزش‌افزوده صنایع با فنّاوری بالای متوسط و بهره‌وری نیروی کار، عملکرد مناسبی داشته‌اند. در حالی که وضعیت شاخص‌های دیگر، همچون صنایع با فنّاوری بالا در این استان‌ها مطلوب نیست. نتایج مطالعات انجام شده در مورد جایگاه استان‌های مذکور، متفاوت است. در مطالعهٔ امجدی، مهرابی بشرآبادی و جهان‌آرای (۱۳۹۹)، زنجان در رتبهٔ بیستم و استان قزوین حائز رتبه سیزدهم است؛ در حالی که نتایج مطالعهٔ غفاری‌فرد و ملکی‌نصر (۱۳۹۸) در این موضوع، تقریباً به صورت عکس است. در هر دو مطالعه، استان تهران با

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

فاصلهٔ قابل توجهی از سایرین در رتبهٔ نخست قرار دارد. رتبه‌های میانی تا پایانی آنها نیز، با اعضای خوشهٔ انتهایی و عقب‌مانده این مطالعه، همخوانی دارد. در رابطه با خوشه‌های میانی، نتیجه مطالعه حاضر با مطالعهٔ نخست، شباهت بیشتری نشان می‌دهد.

موارد خطای احتمالی در گروه‌بندی اخیر نیز، قابل تشخیص و توضیح است. استان البرز، وضعیت متفاوتی در رابطه با ورودی‌های نوآوری و هزینه‌های تحقیق و توسعه نسبت به هم‌گروهی‌های خود دارد و تشابه بیشتری به پایتخت نشان می‌دهد. استان همدان، تنها مورد دیگری است که تشابه کمتری با هم‌گروه خود یعنی استان یزد داشته و به نظر می‌رسد، به سه خوشه انتهایی یعنی، گروه‌های ۳، ۴ و ۱۰ تعلق دارد.

بنابراین بر اساس آنچه که گفته شد، پیشنهاد می‌شود، از خوشه‌بندی عنوان شده، برای برنامه‌ریزی اقتصاد دانش‌بنیان (به عنوان یکی از سیاست‌های اقتصاد مقاومتی در سال جهش تولید) استفاده شود؛ به طوری که نسخه‌های مجزایی برای هر خوشه بر اساس قوت و ضعف آنها در شاخص‌های مطرح شده، تدوین گردد. توزیع بخشی از منابع اعتباری بودجه‌های سالانه به منظور کاهش فاصله استان‌ها در شاخص اقتصاد دانش بنیان، می‌تواند به تحقق اقتصاد دانش بنیان کمک کند. بدیهی است، ارائه الگویی برای توزیع این بخش از منابع اعتباری، نیازمند مطالعه جداگانه است.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

منابع و مآخذ

امجدی، محمدحسین؛ مهرابی بشر آبادی، حسین و جهان آرای، ندا (۱۳۹۹). رتبه بندی استان‌های کشور از منظر شاخص‌های اقتصاد دانش‌بنیان. *فصلنامه راهبرد*، ۲۹(۹۴): ۱۶۳-۱۹۶.

انتظاری، یعقوب و محجوب، حسن (۱۳۹۲). تحلیل توسعه اقتصاد دانش ایران بر اساس سند چشم‌انداز ۱۴۰۴. *راهبرد فرهنگ*، ۶(۲۴): ۶۵-۹۷.

تشکینی، احمد و عریانی، بهاره (۱۳۹۲). جایگاه اقتصاد دانش در ایران با تأکید بر مقایسه تطبیقی میان کشورهای برتر و منتخب منطقه. *مجله اقتصادی (دوماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی)*، ۱۳(۱ و ۲): ۲۴-۵.

رودری، جعفر؛ زاینده‌رودی، محسن و مهرابی بشرآبادی، حسین (۱۳۹۷). بررسی نقش مؤلفه‌های اقتصاد دانش‌بنیان در وضعیت ایران و کشورهای حوزه سند چشم‌انداز با استفاده از روش‌های تحلیل تمایزی چند گروهی و k- میانگین. *فصلنامه مدیریت صنعتی*، ۱۰(۳): ۵۰۱-۴۸۱.

زارع قلعه‌سیدی، رویا (۱۳۹۶). تمایزات منطقه‌ای اقتصاد دانش‌بنیان در استان‌های ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، پردیس علوم انسانی و اجتماعی.

زیاری، کرامت‌الله (۱۳۹۶). *اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم.

صنیعی آباده، محمد؛ محمودی، سینا و طاهرپرور، محدثه (۱۳۹۴). *داده کاوی کاربردی*. تهران: نشر نیاز دانش، ویراست ۲.

عباسیان، عزت‌الله و دلیری، حسن (۱۳۹۱). تخمین و رتبه‌بندی استان‌های کشور از نظر شاخص‌های اقتصاد دانش‌محور. *فصلنامه رفاه اجتماعی*، ۱۲(۴۵): ۳۶۷-۳۳۹.

عزیزی، فیروزه و مرادی، فهیمه (۱۳۹۷). محاسبه شاخص‌های اصلی و فرعی اقتصاد دانش‌بنیان برای ایران (سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۶)، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۶(۸۵): ۲۷۰-۲۴۳.

غفاری‌فرد، محمد و ملکی نصر، هاشم (۱۳۹۸). سنجش فضایی اقتصاد دانش‌بنیان در استان‌های مختلف ایران (رویکرد شاخص ترکیبی)، *فصلنامه رهیافت*، ۲۹(۷۵): ۷۲-۵۵.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور (۱۳۹۰). راهنمای شرح خدمات بخش برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مطالعات برنامه آمایش استان. نشر امور آمایش و توسعه منطقه‌ای.

نوری، جواد؛ بنیادی نائینی، علی و اسماعیل زاده، محمد (۱۳۹۵). تعیین جایگاه ایران در منطقه از منظر اقتصاد دانش‌بنیان بر پایه الگوریتم خوشه‌بندی. *فصلنامه سیاست های راهبردی و کلان*، ۴(۱۴): ۱۵۶-۱۳۳.

Ahlborn, M., & Schweickert, R. (2019). Economic systems in developing countries: A macro cluster approach. *Economic Systems*, *43*(3-4).

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

Ahlborn, M.; Ahrens, J., & Schweickert, R. (2016). Large-Scale transition of economic systems; Do CEECs converge toward western prototypes?. *Comparative Economic Studies*, *58*(3): 430-454.

Al Shami, A.; Lotfi, A.; Lai, E., & Coleman, S. (2011, April). Unified knowledge economy competitiveness index using fuzzy clustering model. In *2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CIFEr)* (pp. 1-6). IEEE.

Andrejovská, A.; Buleca, J., & Hudákova, M. (2016). Categorization of the EU Countries in the Context of Agricultural Production. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, *8*(665-2016-45127): 3-14.

Asian Development Bank (2007). Moving Toward Knowledge-Based Economies: Asian Experiences. Regional and Sustainable Development Department.

Bakırcı, F. (2018). Knowledge and Innovation Economy: An Evaluation of Turkey. In *German-Turkish Perspectives on IT and Innovation Management* (pp. 21-42). Springer Gabler, Wiesbaden.

Bambra, C. (2007). Defamilisation and welfare state regimes: A cluster analysis. *International Journal of social welfare*, *16*(4): 326-338.

Brinkley, I.; Hutton, W.; Schneider, P., & Coates Ulrichsen, K. (2012). Kuwait and the knowledge economy. The Work Foundation and the Kuwait Programme on Development, Governance and Globalization in the Gulf States, April 2012, Number 22.

Cherchye, L.; Moesen, W.; Rogge, N., & Van Puyenbroeck, T. (2009). Constructing a knowledge economy composite indicator with imprecise data. *Available at SSRN 1462660*.

Constantopoulos, A.; Yfantopoulos, J.; Xenos, P. & Vozikis, A. (2019). Cluster shifts based on healthcare factors: The case of Greece in an OECD background 2009-2014. *Advances in Management and Applied Economics*, *9*(6): 29-50.

Danforth, B. (2014). Worlds of welfare in time: A historical reassessment of the three-world typology. *Journal of European Social Policy*, *24*(2): 164-182.

De la Paz-Marín, M.; Gutiérrez, P. A., & Hervás-Martínez, C. (2015). Classification of countries' progress toward a knowledge economy based on machine learning classification techniques. *Expert systems with applications*, *42*(1): 562-572.

De Lima Almeida, L. M., & de Freitas Balanco, P. A. (2020). Application of multivariate analysis as complementary instrument in studies about structural changes: An example of the multipliers in the US economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 53: 189-207.

Delgado-Márquez, B. L., & García-Velasco, M. (2017). Geographical distribution of the European knowledge base through the lens of a synthetic index. *Social Indicators Research*, *136*(2): 477-496.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

Despotovic, D.; Cvetanović, D., & Nedic, V. (2015). Perspectives for the development of knowledge economy, innovativeness, and competitiveness of CEFTA countries. *Facta Universitatis, Series: Economics and Organization, 12*(3): 209 - 223.

Develioğlu, K., & Kantarci, K. (2012). Clustering Balkan countries based on competitiveness factors: A strategic perspective. *Journal of Economic and Social Studies, 2*(2): 237-244.

Fucec, A. A., & Corina, M. P. (2014). Knowledge economies in the European Union: Romania's position. *Procedia Economics and Finance, 15*: 481-489.

Gan, Guojun; Ma, Chaoqun, & Wu, Jianhong (2007). *Data Clustering: Theory, Algorithms, and Applications.* Publisher: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).

Ghazinoory, S.; Narimani, M.; Khamoushi, F., & Kazemi, H. (2017). Extracting the innovation policies for Iran based on the approximation of policy implications for comparative economic doctrines. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, *30*(1): 1257-76.

Godin, B. (2003). The Knowledge-Based Economy: Conceptual Framework or Buzzword?. Project on the History and Sociology of S&T Statistics, Working Paper, No. 24.

Godin, B. (2004). The obsession for competitiveness and its impact on statistics: The construction of high-technology indicators. *Research Policy*, *33*(8): 1217-29.

Gough, I. (2001). Social assistance regimes: A cluster analysis. *Journal of European social policy*, *11*(2): 165-170.

https://nnt.sci.org.ir/sites/Apps/yearbook/Lists/year_book_req/Item/newifs.aspx

https://pub.daneshbonyan.ir/

https://www.amar.org.ir

Jain, Anil K.; Murty, M. Narasimha, & Flynn, Patrick J. (1999). Data clustering: *A Review ACM Computing Surveys*, *31*(3): 264-323.

Kao, J. S. (2004). *Knowledge economics in the Information Age*. (Doctoral dissertation, The Claremont Graduate University).

Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis* (Vol. 344). John Wiley & Sons.

Kautto, M. (2002). Investing in services in West European welfare states. *Journal of European Social Policy*, *12*(1): 53-65.

Lall, S. (2000). The Technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. *Oxford development studies*, *28*(3): 337-369.

Momeni, F.; Najafi, S. M. B., & Fathollahi, J. (2012). The necessity of economic structural transformation in developing countries toward a knowledge-based economy case study: Iran. J. Basic. Appl. Sci. Res., 2(8): 8300-10.

OECD. (1996). The Knowledge-Based Economy. OCDE/GD (96): 102.

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

OECD. (1999). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 1999: Benchmarking Knowledge-based Economies. OECD.

OECD. (2009). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard. 2009. OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2009-en

Polyakov, M. V.; Shevchenko, G. Y., & Bilozubenko, V. S. (2018). Clustering of countries in global landscape of knowledge economy development. *Науковий вісник Полісся*, (1 (1)): 176-183.

Popov, E. V., & Kochetkov, D. M. (2019). Developing the regional knowledge economy index: A case of Russian regions. *Journal of the Knowledge Economy*, 10(4): 1860-1878.

Rim, G. N.; Kim, G. S.; Hwang, S. H., & Ko, U. D. (2019). Some problems in statistically assessing the level of knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*, *10*(3): 974-996.

Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *20*: 53-65.

Savoie, R. A. (2009). *A Model for Regional Technology-Based Economic Development* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. UMI Number: 3361221.

Saxenian, A.; Motoyama, Y., & Quan, X. (2002). *Local and Global Networks of Immigrant Professionals in Silicon Valley*. Public Policy Institute of California, San Francisco.

Seber, G. A. F. (1984). *Multivariate Observations*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

Spath, H. (1985). *Cluster Dissection and Analysis: Theory, fortran Programs, Examples*. Translated by J. Goldschmidt. New York: Halsted Press.

Stiglitz, J. (1999). Public policy for a knowledge economy. *Remarks at the Department for Trade and Industry and Center for Economic Policy Research*, 27(3): 3-6.

Tyshchenko, V. (2013). Diagnosis of knowledge economy vector: A regional aspect. *Economic Annals-XXI*, 9-10(1): 31-34.

Webb, A. R. (2003). *Statistical Pattern Recognition*. John Wiley & Sons.

World Bank (1998). *World Development Report: Knowledge for Development*. New York: Oxford University Press.

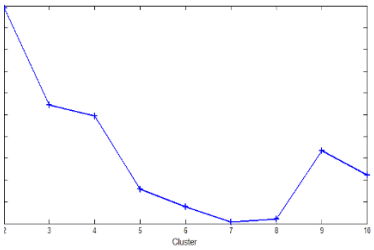
World bank (2013). World Bank Data Catalog. available at: https://www.worldbank.org/

World Bank. (2007). *Building knowledge economies: Advanced strategies for development*. World Bank.

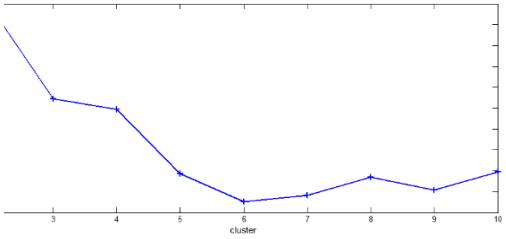
[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]

پیوست ۱



نمودار ۱. ضریب سیلوئیت برای الگوریتم خوشه بندی K-means



نمودار ۲. ضریب سیلوئیت برای الگوریتم خوشه بندی C-means فازی

پیوست ۲

جدول ۱. نتایج خوشه‌بندی در حالت ۲ خوشه

خوشه ۱	تهران
خوشه۲	سایر استان‌ها

جدول ۲. نتایج خوشه‌بندی در حالت ۳ خوشه

خوشه ۱	سایر استان‌ها
خوشه۲	تهران
خوشه ۳	آذربایجان شرقی، اصفهان، خراسان‌رضوی، فارس، کرمان، گیلان و مازندران

جدول ۳. نتایج خوشه‌بندی در حالت ۴ خوشه

خوشه ۱	سایر استان‌ها
خوشه۲	آذربایجان‌شرقی، اصفهان، خراسان‌رضوی، فارس، کرمان، گیلان و مازندران
خوشه ۳	تهران
خوشه ۴	البرز و قم

[Downloaded from ecor.modares.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.17356768.1400.21.1.6.4]