



کاربرد تئوری پیچیدگی اقتصادی در سیاست گذاری صنعتی (مقاله مروری)

انور خسروی (نویسنده مسؤل)

دکترای تخصصی، گروه اقتصاد، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

Email: anvar_khosravi@yahoo.com

هیرش سلطانیان

دکترای تخصصی، گروه مدیریت، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۶ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

چکیده

پیچیدگی اقتصادی ابزاری قدرتمند و محبوب را برای درک مسائل کلیدی اقتصادی، اجتماعی و چالش‌های مرتبط با آنان ارائه می‌دهد. ایده اساسی این است که رشد و توسعه اقتصادی، پایداری محیط زیست، نابرابری درآمدی و نابرابری فضایی نتایج مشهود روابط سیستمیک پنهان هستند. مطالعه پیچیدگی اقتصادی به دنبال درک ساختار این تعاملات و چگونگی شکل دادن فرآیندهای اجتماعی - اقتصادی مختلف است. این زمینه نوظهور به شدت به تکنیک‌های یادگیری ماشین و علم شبکه تکیه دارد. هدف این مقاله مروری بر کاربردهای پیچیدگی اقتصادی جهت کاربرد آن در زمینه‌های مختلف به ویژه سیاست گذاری صنعتی می باشد. در این راستا یک تحلیل موضوعی در مورد مقالات جمع آوری شده انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که در دهه‌ی اخیر علی رغم برخی انتقادات، تکنیک‌های اندازه گیری پیچیدگی اقتصادی و شاخص‌های مرتبط با آن تکامل یافته و به یک روش معروف برای سیاست گذاری صنعتی در سطح بین الملل، کشورها و درون کشورها(ایالتی و شهری) تبدیل شده است.

کلمات کلیدی: پیچیدگی اقتصادی، سیاست گذاری صنعتی، علم شبکه.

۱- مقدمه

در چند سال گذشته با گنجاندن مفروضات جدید در محاسبات، حال و هوایی جدید در میان علوم، از جمله سیاست گذاری اقتصادی به وجود آمده است. بر این مبنای جهان یک سامانه بی نقص منظم نیست، بلکه عمدتاً ارگانیک و الگوریتمی است که بر مبنای محتویات کنونی اش پیش می‌رود و گام به گام هم تغییر می‌کند. در نتیجه این رویدادها، علم سیاست گذاری اقتصاد آرام آرام رویکردی پرورنده که بر پایه مفروضات واقع بینانه تر بنا شده اند. به عبارت دیگر چارچوب جدیدی برای اندیشه اقتصادی فراهم شده است. یکی از این تئوری‌های جدید، تئوری پیچیدگی اقتصادی^۱ است. علم اقتصاد مبتنی بر پیچیدگی، به عنوان رویکردی جدید توسط دانشگاه‌های هاروارد و ماساچوست در سال ۲۰۰۷ معرفی شده است. در این راستا پروفیسور ریکاردو هاسمن^۲ استاد اقتصاد توسعه و رئیس مرکز توسعه بین المللی دانشگاه هاروارد و نیز سزار هیدالگو^۳، فیزیکدان ماساچوست با تشکیل گروه تحقیقاتی گسترده‌ای به مطالعه پیچیدگی اقتصادی و سپس فضای محصول پرداختند. آنها با نوشتن مقالات متعدد از سال ۲۰۰۷ به بعد اقدام به معرفی آن به دنیای خارج نمودند. از آنجا که این روش دارای برتری چشمگیری نسبت به روش‌های دیگر در توصیف دلایل اختلاف رشد اقتصادی کشورهای مختلف می‌باشد در نتیجه از اقبال خوبی برخوردار گردید به نحوی که آنها بر آن شدند تا در سال ۲۰۱۱ اولین اطلس پیچیدگی اقتصادی جهان را منتشر و هرچند سال یکبار آن را به روز رسانی نموده و نسخه آنلاین آن نیز از طریق وبگاه دانشگاه هاروارد در دسترس می‌باشد به علاوه، بخش ترسیمی مرکز تجارت سازمان ملل نیز بخش‌هایی از وبگاه خود را به این رویکرد اختصاص داده که نشان از اهمیت و آینده خوشبینانه این شاخص دارد.

طبق این نظریه تکیه بر ساختار دانش و تولید اقتصادی کشورها یا مناطق، به طور قابل ملاحظه‌ای مسیر آینده اقتصادها را به سوی فناوری و صنایع مرتبط با قابلیت‌های آنها سوق می‌دهد به همین دلیل کشورها و مناطق به سمت فعالیت‌های مرتبط گرایش دارند (Pinheiro et al., 2018; Hidalgo et al., 2007; Neffke et al., 2013; Petralia et al., 2017; Alshamsi et al., 2018; Hartmann et al., 2020)

مطالعه پیچیدگی اقتصادی طی دهه اخیر به دو دلیل از سرعت زیادی برخوردار بوده است. نخست معرفی معیارهای مرتبط بودن فعالیت‌های اقتصادی است که پیوستگی کمی بین یک فعالیت خاص و یک مکان معین را اندازه‌گیری می‌نماید که این معیارها وابستگی مسیر را توضیح داده و پیش بینی می‌کنند کدام فعالیت‌ها در یک مکان رشد یا روند نزولی خواهد داشت دلیل دوم، توسعه معیارهای پیچیدگی بود که از داده‌های صادرات توسط کشور یا منطقه، اشتغال بر اساس شهر و صنعت و ... جهت برآورد تنوع و پیچیدگی استفاده شد (Hidalgo, 2021).

بکارگیری روش‌های پیچیدگی اقتصادی با احیای سیاست صنعتی توسط ساختارگرایان جدید، جهت تحلیل ساختار و شناسایی فرصت‌های تولید و صادرات رونق بیشتری پیدا کرد (خسروی و همکاران، ۱۴۰۰). روش‌های پیچیدگی به تلاش جهت شناسایی ساختار دقیق اقتصادی کمک و مبنای کمی برای سیاست‌گذاری صنعتی فراهم می‌نمایند. امروزه این تلاش‌ها در راهبرد تخصصی سازی هوشمند اروپا (Balland et al., 2018)، مناطق ویژه اقتصادی چین (Zheng et al., 2016)، راهبرد متنوع‌سازی هوشمند مکزیک (Pérez Hernández, 2019) و یا راهبرد ابر خوشه‌های کانادا (Wang and Turkina, 2019) نمایان می‌باشند. در دهه‌ی اخیر کشورهای زیادی از جمله ایالات متحده آمریکا، چین، کانادا، اروگوئه، استرالیا، اسپانیا، روسیه، ترکیه، ایتالیا، برزیل، مکزیک و بریتانیا جهت مطالعه ساختار اقتصادی و صنعتی، از روش پیچیدگی اقتصادی و فضای محصول بهره گرفته اند (Farinha, 2019; Chavez, 2017; Wang, and Turkina, 2019; Lyublmov et al., 2017; Gala, 2017, Ferrera-colombra and Vallant, 2009; Reynolds et al., 2018; Erkan & Yildirimci, 2015; Boschma and Navarro, 2013; Cicerone et al., 2020; González, 2018; Bishop et al., 2019)

مطالعه پیچیدگی اقتصادی را می‌توان ادامه نظریات رشد درونزا دانست. طبق نظریه رشد درونزا، رشد اقتصادی نتیجه رشد دانش است. دانش می‌تواند به طور همزمان توسط افراد زیادی مورد استفاده قرار گیرد اما سهم بردن از دانش آسان نمی‌باشد، نفوذ آن

¹ Economic Complexity

² Riccardo Housman

³ Hidalgo

محدود به جغرافیا، مرتبط بودن و شبکه‌های اجتماعی می‌باشد. این بدان معنی می‌باشد که حضور فعالیت‌های صنعتی در یک مکان، اطلاعاتی را در خصوص دانش مفیدی در آن مکان انباشته شده و دانشی که فعالیت‌های موجود نیاز دارند را به همراه دارد (Hidalgo, 2015). با توجه به مطالعات انجام شده فراوان در حوزه پیچیدگی اقتصادی و به ویژه سیاستگذاری صنعتی مرور این مطالعات به منظور دستیابی به تصویر روشن از موضوع جهت محققین و نیز برنامه ریزان و سیاستگذاران صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به این منظور تلاش خواهد شد تا با مرور نظام‌مند کمی، و تمرکز بر مطالعات منفرد و مباحث ماهوی، دستیابی به هدف مقاله که جمع‌بندی پیشرفت‌های پیچیدگی اقتصادی با تمرکز بر کاربردهای آن در سیاستگذاری صنعتی است امکان‌پذیر گردد.

۲- پیچیدگی اقتصادی

ریاضیدان پیشگام هوش مصنوعی (Warren Weaver, 1948) در مقاله‌ای با عنوان «علم و پیچیدگی» دلیل پیشرفت علم را استفاده مردم از زبان ریاضی جهت توصیف سیستم‌های پیچیده بیان نموده است. ویور معتقد بود استفاده از معادلات دیفرانسیل و تفاضلی و حتی کاربرد احتمالات برای توصیف سیستم‌ها کافی نمی‌باشند او به ظهور یک علم سوم اشاره کرد که بر سیستم‌های گسترده تمرکز دارد و هویت عناصر درگیر و الگوهای آنها را نمی‌توان نادیده گرفت. ویور این علم را پیچیدگی سازمان یافته خواند. داده‌ها و روش‌های مورد نیاز برای توصیف کمی سیستم‌های پیچیده در زمان انتشار مقاله ویور پدیدار شدند. از آن زمان به بعد، افزایش در ریز داده‌ها و نیز بهبود ظرفیت محاسباتی و روش‌های تحلیل، درک اولیه‌ای از سیستم‌های پیچیده ایجاد کرده است. این درک، از ماتریس‌ها و شبکه‌ها برای نمایش سیستم‌های پیچیده مورد استفاده و در زمینه‌هایی مانند کامپیوتر، هوش مصنوعی و فیزیک به صورت گسترده‌ای رایج شده و به مباحث اقتصادی نیز تحت عنوان پیچیدگی اقتصادی شروع به ورود نموده‌اند.

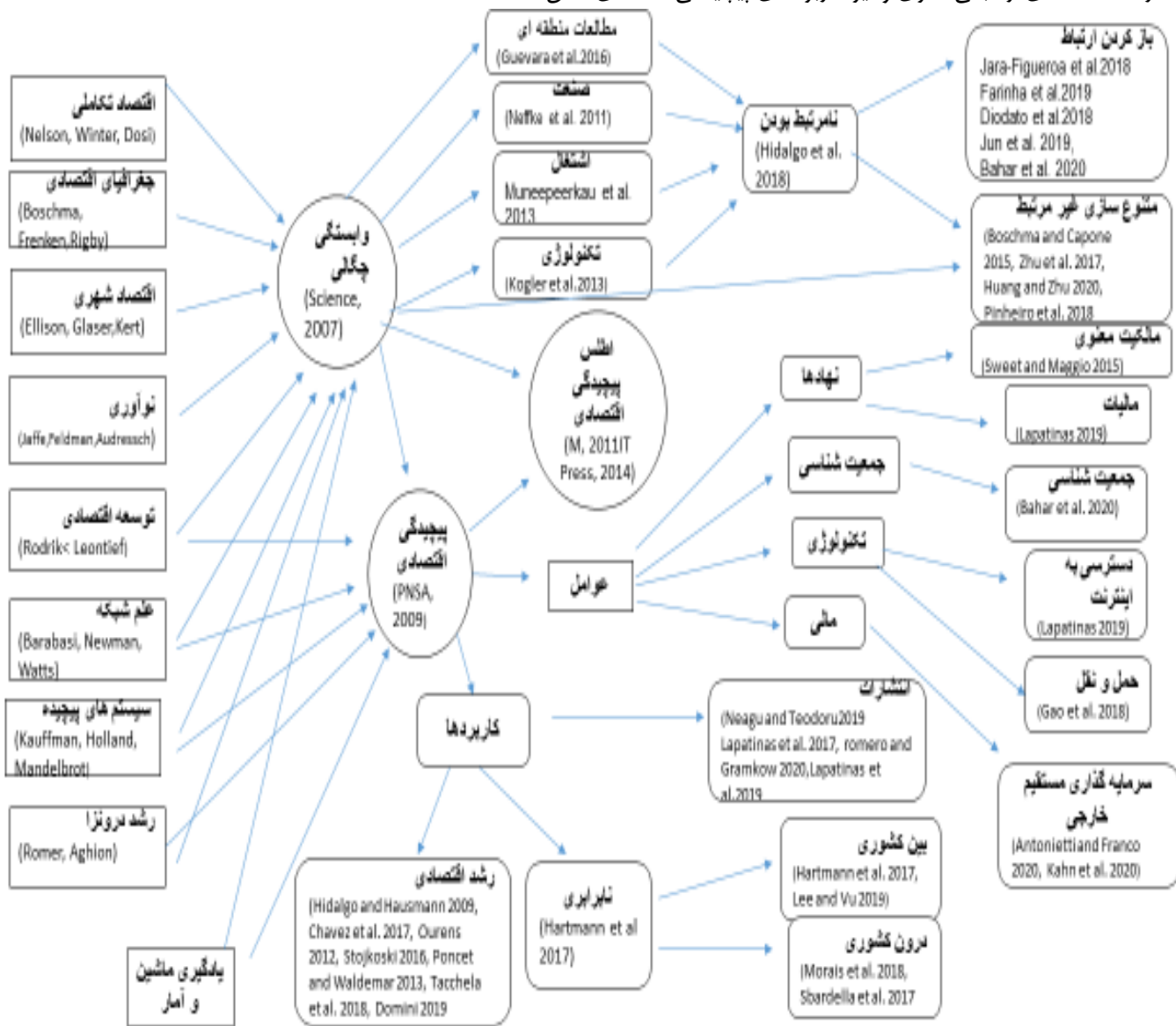
مفهوم پیچیدگی اقتصادی حداقل دو روش به جعبه ابزار اقتصاد اضافه نموده است. نخست این که پیچیدگی اقتصادی از روش‌های آنالیز طیفی و تئوری شبکه برای کاهش ابعاد داده‌ها استفاده می‌نماید. می‌توان به مواردی نظیر شاخص پیچیدگی اقتصادی، تناسب اندام یا سازگاری و توانایی تولید جهت ترسیم فضای محصول / تکنولوژی / تحقیقات و یا اشتغال اشاره نمود که از اطلاعات مکان‌ها و فعالیت‌ها جهت برآورد نزدیکی بین فعالیت‌ها در شبکه‌ها بهره گرفته اند.

الف) کاربردهای پیچیدگی اقتصادی

در سال‌های اخیر از شاخص‌های بسیاری به منظور طبقه بندی کشورها استفاده شده است. این طبقه بندی‌ها از آن جهت مفید هستند که می‌توانند به بهبود عملکرد اقتصادی کشورها از طریق افزایش انگیزه با هدف کسب جایگاه بهتر و تشویق به یادگیری از طریق تقلید و تجربه منجر شوند. شاخص‌ها از نظر میزان تاثیرگذاری و نقشه‌راه، قابل ارزیابی هستند. در رابطه با اندازه تاثیرگذاری سوال مهم این است که آیا شاخص به اندازه کافی نشان دهنده اطلاعاتی شامل آزادی، توسعه انسانی، پرداخت بدهی، محیط کسب و کار، حکمرانی، کیفیت آموزش یا دانش تولیدی هست. از طرف دیگر باید گفت شاخص‌ها به لحاظ نقشه راه با یکدیگر متفاوت هستند. پیچیدگی اقتصادی بر پایه تنوع و پیچیدگی کالاهایی که یک کشور بر اساس مزیت نسبی خود صادر می‌کند، ارائه شده است. تجربه نشان داده است که کشورهایی که با توجه به شاخص پیچیدگی اقتصادی در موقعیت خوبی قرار دارند، سطح درآمدشان تمایل به سطح بالاتری از رشد اقتصادی دارد و توانایی صادرات محصولات جدید، بازتاب این حقیقت است که کشور دانش تولیدی جدید را به دست آورده است. این به این معنا است که فرصت‌های جدیدی برای پیشرفت هم ایجاد خواهد شد. کشورها می‌توانند از طریق افزایش تعداد فعالیت‌های مختلف با محور حرکت به سمت فعالیت‌های پیچیده تر، مقدار این شاخص را بهبود بخشند. شاخص پیچیدگی اقتصادی برای هر کشور می‌تواند نقشه و وضعیت فرصت‌ها و بسترهای مناسب موجود برای سرمایه گذاری را نشان دهد. بنابراین این شاخص می‌تواند توسط بنگاه‌هایی مورد استفاده قرار گیرد که به دنبال شناسایی موقعیت مناسب به منظور تولید یک محصول متنوع یا شناسایی ظرفیت‌های تولیدی در یک کشور خاص هستند.

پیچیدگی اقتصادی شامل استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین و علم شبکه برای پیش‌بینی و توضیح مسیرهای اقتصادی کشورها، شهرها و مناطق است. پیچیدگی اقتصادی تغییرات در الگوهای تخصصی را پیش‌بینی کرده و نتایج بازار کار مانند کاهش

درآمد و بیکاری را توضیح می‌دهد. معیارهای پیچیدگی اقتصادی ماتریس‌های تخصصی هستند که جغرافیای صدها فعالیت اقتصادی را توضیح می‌دهند. معیارهای پیچیدگی اقتصادی توضیح و پیش‌بینی تغییرات بین‌المللی و منطقه‌ای در درآمد، رشد اقتصادی، نابرابری درآمدی، نابرابری جنسیتی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را پیش‌بینی و توجیه می‌کنند. روش‌های پیچیدگی اقتصادی با مطالعات در مقیاس‌های جغرافیایی چندگانه (از کشورها به شهرها) و انواع فعالیت‌های اقتصادی (محصولات، صنایع، مشاغل، ثبت اختراع و مقالات تحقیق) چشم انداز مناسبی را در اختیار سیاست‌گذاران قرار داده است (Hidalgo, 2021). در شکل شماره ۱ خلاصه‌ای از مبانی نظری و نیز کاربردهای پیچیدگی اقتصادی نشان داده شده است.



شکل شماره (۱): خلاصه‌ای از ادبیات و کاربردهای پیچیدگی اقتصادی (Hidalgo, 2021).

(ب) رشد اقتصادی

این حقیقت که شاخص پیچیدگی اقتصادی یک پیش‌بینی کننده مهم از رشد اقتصادی بلندمدت می باشد اثبات شده است (Cristeli, 2015; Balsalobre, 2017). در مطالعات زیادی در سطح بین الملل ارتباط بین پیچیدگی اقتصادی و رشد اقتصادی با استفاده از داده های صادرات بر اساس کدهای شش رقمی تایید شده است (Qurenco, 2004). در مقاله ای با

استفاده از داده های پانل برای ۲۱۰ کشور نشان داده شد که پیچیدگی اقتصادی پیش بینی کننده رشد اقتصادی بوده و بین پیچیدگی اقتصادی و سرمایه انسانی و نیز نوآوری ارتباط مثبتی وجود دارد (Balsalobre, 2017).

در سطح ملی، ارتباط بین پیچیدگی اقتصادی و رشد اقتصادی بر اساس داده های پانل ۲۲۱ شهر چین و شاخص های مانند سرمایه انسانی، درجه بازبودن اقتصاد، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و نرخ سرمایه گذاری تایید گردید و یافته های این مطالعه نشان داد که یک واحد افزایش در انحراف معیار پیچیدگی اقتصادی، ۷٪ درصد درآمد سرانه را افزایش می دهد (Poncet, 2013). به طور مشابه مطالعه داده های استان های ایتالیا نشان داد که یک افزایش در انحراف معیار پیچیدگی اقتصادی ۷ الی ۱۰ درصد تولید سرانه را در مدت ۳ سال افزایش می دهد (Coniglio et al., 2016). همچنین با استفاده از داده های اشتغال ایالات متحده آمریکا مشخص شد رابطه مثبتی بین پیچیدگی شغلی و رشد اقتصادی آینده وجود دارد.

ج) نابرابری درآمد

بر اساس مطالعات انجام شده با افزایش پیچیدگی اقتصادی کشورها، نابرابری کاهش می یابد. که این موضوع نظریه کوزنتس (۱۹۴۵) مبنی بر این که نابرابری در مراحل اولیه توسعه افزایش و سپس کاهش می یابد را تایید می نماید هرچند که پیچیدگی یک رابطه خطی یا شبه خطی با نابرابری درآمد دارد. در کشورهایی با درآمد پایین و متوسط نظیر شیلی و پرو که پیچیدگی اقتصادی کمتری دارند نسبت به کشورهایی مانند مالزی، نابرابری بیشتر است. کشورهای صادر کننده محصولات پیچیده - همان طور که توسط شاخص پیچیدگی اقتصادی اندازه گیری می شوند - دارای سطوح پایین تری از نابرابری درآمد نسبت به کشورهایی هستند که محصولات ساده تر صادر می کنند.

هارتمن^۴ (۲۰۱۷) نشان می دهد که ساختار تولیدی کشورها، مسیر توسعه اقتصادی و توانایی های آن برای تولید و توزیع درآمد را تعیین می کند. این امر همچنین نشان می دهد که سیاست های اجتماعی و صنعتی ممکن است نیاز به تکمیل یکدیگر برای دستیابی به کاهش نابرابری پایدار و توسعه اقتصادی داشته باشند.

علاوه بر این، تاکید بر عوامل پیش از تولید بر نابرابری، مانند آموزش، می تواند برای ترویج تحرک اجتماعی مهم باشد، اما تاکید صرف بر آموزش به تنهایی ممکن است برای رفع مشکل ساختاری نابرابری تحمیلی توسط ساختارهای تولیدی کافی نباشد. بنابراین، در حالی که تاکید بر آموزش بیشتر می تواند تاثیرات مثبت زیادی داشته باشد، اما به طور حتم نیاز است با سیاست های صنعتی بیشتری تکمیل شود که به ایجاد مشاغل بهتر کمک کند (Hartmann & Pinheiro, 2022).

البته تحقیقات در مورد ارتباط بین پیچیدگی اقتصادی و نابرابری تنها در آغاز است، و برای مثال، تحول پویای پیچیدگی و نابرابری در سطوح مکانی مختلف، دوره های زمانی طولانی تر و انواع فعالیت های اقتصادی کاملاً درک نشده است. علاوه بر این، هنوز به طور کامل درک نشده است که آیا سطوح بالاتری از نابرابری بین و درون شهرها، نشانه ای از اثرات تراکم طبیعی در یک اقتصاد پویا می باشد یا خیر، هنگامی که سطوح نابرابری آنقدر بالاست که مانع پویایی اقتصادی و رشد فراگیر می شود (Pinheiro et al., 2022). نیروهای به ظاهر متضاد در کار هستند که منجر به تغییر در رابطه توسعه و نابرابری در سطوح مختلف توده ای شدن فضایی، از شهرها و مناطق به کشورها می شوند. ماهیت دوره ای چرخه های تکنولوژی و صنعت نوآوری می تواند به این معنی باشد که برای کشورها برای بالا رفتن از نردبان توسعه و اجرای همه تحولات ضروری اجتماعی و نهادی، میزان مشخصی از نابرابری منطقه ای هزینه ای است که باید پرداخت. در این حالت، کشورها به دلایل مختلف، نابرابری منطقه ای را تجربه می کنند و مهم است که تمایز قائل شد که آیا این امر مانع از تنوع و پیچیدگی اقتصادی طولانی مدت می شود یا نه و یا اینکه نشانه ای از فرآیندهای تبدیل ساختاری می باشد. با این حال، تحقیقات پیچیدگی اقتصادی امکان پیشرفت قابل توجهی در درک تجربی اثرات ساختار تولیدی بر توزیع درآمد و توسعه انسانی و همچنین شناسایی بیشتر یا کم تر فعالیت های مطلوب را فراهم کرده است. این امر به ایجاد پل بین سیاست های صنعتی و اجتماعی به منظور کاهش نابرابری و رشد فراگیر کمک می کند.

د) توسعه انسانی

⁴ Hartmann

دیوگو فراس و همکاران^۵ (۲۰۱۸) با بررسی ارتباط بین پیچیدگی اقتصادی و سرمایه انسانی در کشورهای آسیایی و آمریکای لاتین دریافتند که رابطه مثبتی بین پیچیدگی اقتصادی و توسعه انسانی در این کشورها وجود دارد.

(۵) توسعه پایدار

ساختار اقتصادی مولد که با پیچیدگی اقتصادی نمایندگی می شود، توسعه اقتصادی کشورها را تقویت می نماید اما تحقیقات تجربی انجام شده در خصوص ارتباط پیچیدگی اقتصادی و توسعه پایدار با نتایج معلوم و مشخصی همراه نبوده است (Zahoor, 2022).

در مطالعه انجام شده توسط محمد زاهد رفیق^۶ و همکاران (۲۰۲۲) برآوردهای بلند مدت نشان می دهند که پیچیدگی اقتصادی، رشد اقتصادی، کیفیت صادرات، تجارت و شهرنشینی اثرات مخرب زیست محیطی را افزایش داده اما سرمایه انسانی و تولید انرژی های تجدید پذیر به کاهش اثرات مخرب زیست محیطی کمک می کنند.

(و) حقوق مالکیت معنوی

سویت و مگیو (۲۰۱۵) در مطالعه ای نشان دادند که پیچیدگی اقتصادی توضیح دهنده بهتری برای حقوق مالکیت معنوی نسبت به بهره وری می باشد. و در کشورهای توسعه یافته حقوق مالکیت فکری تاثیر مثبتی بر پیچیدگی اقتصادی دارد اما در کشورهای در حال توسعه این رابطه تایید نشده و در کشورهای با سرمایه انسانی و سطح پیچیدگی پایین، حقوق مالکیت معنوی پیچیدگی اقتصادی را کاهش می دهد.

(ز) پیچیدگی اقتصادی و سیاست گذاری صنعتی

یکی از حوزه های جذاب و رو به رشد جهت کاربرد پیچیدگی اقتصادی، سیاست گذاری صنعتی در سطح بین الملل، کشوری و درون کشوری (مناطق و شهرها) می باشد. در خصوص مطالعات بین المللی می توان به مقاله لی و همکاران^۷ (۲۰۲۱) اشاره نمود آنان در مطالعه ای تکامل فضای محصول کشورهای جهان را مورد بررسی قرار دادند. این مطالعه با بهره گیری از تئوری فضای محصول و مدل های اقتصادسنجی بر پایه داده های ۱۸۶ کشور و بر اساس کدهای چهار رقمی سیستم بین المللی طبقه بندی استاندارد صنایع^۸ صورت گرفته است. نتایج این مقاله نشان داد که تنوع در صادرات ماشین آلات و صنایع شیمیایی اثرات مثبتی بر توسعه اقتصادی کشورها دارد.

مطالعات زیادی در زمینه سیاست گذاری جهت بخش صنعت در سطح کشورها صورت گرفته است. پاگلیس و همکاران^۹ (۲۰۱۴) بررسی نمودند که چگونه سیستم پیچیدگی اقتصادی نقش اساسی در پروسه صنعتی شدن هند در طول سال های ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۲ داشته است. نتایج آن ها حاکی از آن بود که اقتصادهای پیچیده تر و متنوع تر زمانی که صنعتی شدن را تجربه نموده اند، با محدودیت های کمتری در به دست آوردن تولید ناخالص داخلی سرانه مواجه شده اند. بعلاوه در مورد اقتصاد هند بیان می دارند که پیچیدگی اقتصادی در طول سال های ۱۹۶۳ تا ۱۹۸۷ افزایش چشمگیری داشته است. همچنین در طی همین سال ها، این کشور صنعتی شدن و سرانه تولید ناخالص داخلی بالایی را نیز تجربه کرده است. هاسمن و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۰) فرصت های جدید برای متنوع سازی صادرات در کشور اردن را بررسی نموده اند. مطالعه آنان شامل دو بخش است بخش نخست به تجزیه و تحلیل پیچیدگی اقتصادی اردن و فضای محصول اختصاص دارد و تحلیلی از پیچیدگی محصولات تولیدی فعلی ارائه شده است. در بخش دوم محصولات جدید جهت تولید و صادرات شناسایی و معرفی شده اند. سورنسن و همکاران^{۱۱} (۲۰۲۰) با استفاده از تئوری فضای محصول و مدل جاذبه به شناسایی بخش های دارای پتانسیل برای کشور مکزیک پرداختند. آن ها با تحلیل داده های ۱۳۱ کشور بر اساس کدهای چهاررقمی سامانه هماهنگ شده در ۱۲۲۱ محصول نتیجه گرفتند که استراتژی کوتاه مدت حریصانه یا میوه های

⁵ Diogo Ferraz et al

⁶ Muhammad Zahid Rafiq et al

⁷ Li et al

⁸ International Standard Industrial Classification

⁹ Paglis et al

¹⁰ Hausmann et al

¹¹ Sørensen et al

آویزان پایین برای کشور مکزیک مناسب است. به دلیل این که استراتژی‌های بلندمدت نیازمند سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، فن‌آوری پیچیده، ورود سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و غیره می‌باشد. سزایی اتا^{۱۲} (۲۰۲۰) در کتابی با عنوان تکامل فضای محصول و یک پیشنهاد ابتکاری جدید برای صادرات ترکیه، به کمک شبکه فضای محصول بر اساس کدهای چهاررقمی آیسیک^{۲۰} محصول جدید با تکنولوژی بالا را جهت تولید و صادرات در ترکیه معرفی نموده است و سیاست‌های تشویقی دولت را نیز در این راستا ارائه داده است. همچنین وانگ و تورکینا^{۱۳} با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه های اجتماعی و ترسیم فضای محصول ایالت کبک کانادا، این ایالت را با سایر ایالت های این کشور به لحاظ برخورداری از پیچیدگی اقتصادی مقایسه نمودند.

مطالعات انجام شده در خصوص شناسایی فرصت های مناسب جهت سیاست گذاری صنعتی و معرفی محصولات جدید برای تولید یا صادرات صرفا بر اساس یک یا چند شاخص مانند پیچیدگی اقتصادی، نزدیکی و نیز مرتبط بودن با فعالیت های موجود بوده است اما الشمسی و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۸) در مقاله‌ای به ارائه مدلی جهت تعیین استراتژی بهینه تنوع در شبکه‌های مربوط به حوزه‌های مرتبط با محصولات و تحقیقات پرداختند. به عقیده آن‌ها پنج نوع استراتژی را در شبکه‌های عمومی مقیاس آزاد می‌توان متصور شد. این پنج استراتژی عبارت بودند از تصادفی، درجه بالا، درجه پایین، حریصانه و اکثریت. آن‌ها با استفاده از ایدئولوژی فضای محصول و نیز بهره‌گیری از علم شبکه و یک استدلال ریاضی قوی مدل جدیدی را جهت تعیین استراتژی بهینه در شبکه‌های عمومی مقیاس آزاد معرفی نمودند. این روش می‌تواند برای مطالعه در سطح بین الملل، کشورها و یا در درون کشورها (استان، یک بخش صنعت و یا شهر) برای سیاست‌گذاری صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس این مدل جدید، مبنای سیاست‌گذاری صنعتی علاوه بر بکارگیری شاخص‌های پیچیدگی اقتصادی، توسعه بهینه شبکه محصولات خواهد بود. بر مبنای این مدل خسروی و همکاران (۱۴۰۰) استراتژی بهینه جهت متنوع سازی صادرات محصولات شیمیایی ایران را معرفی نمودند. و نشان دادند که ایران از میان ۹۲۱ محصول شیمیایی بر اساس کدهای شش رقمی سامانه هماهنگ شده، علاوه بر ۷۸ کد محصول رقابت‌پذیر، در تولید و صادرات ۱۴۵ محصول پتانسیل رقابت پذیر شدن را دارد. در پایان با اجرای پنج راهبرد تصادفی، حریصانه، درجه بالا، درجه پایین و حداکثری روی شبکه صنعت محصولات شیمیایی ایران؛ اثبات نمودند که ترکیبی از راهبردهای حریصانه و حداکثری، زمان انتشار شبکه را به حداقل می‌رساند. نهایتاً با ترکیب این دو راهبرد، استراتژی بهینه استخراج و نقشه راه و سیاست‌گذاری ۱۴۵ محصول شیمیایی جهت تولید و صادرات در ایران تعیین گردید.

بهرامی و همکاران (۱۳۹۹) نیز با استفاده از روش پیچیدگی اقتصادی به سیاست گذاری در صنعت ساخت قطعات و تجهیزات ایران پرداخته اند. و با استفاده از داده های نسخه شش رقمی سامانه هماهنگ کدگذاری کالا، ۶۶۹ کد کالایی ذیل صنعت ساخت قطعات و تجهیزات را بررسی نمودند. و نشان دادند که تولید انواع موتور، توربین الکتروموتور، لوله، تیوب و واگن حمل و نقل ریلی بخش عمده فرصت های تولیدی ایران را تشکیل می‌دهند.

در خصوص مطالعات ایالتی یا استانی در درون کشورها جهت سیاست گذاری صنعتی می‌توان به مطالعه زالدیوار و پرز^{۱۵} (۲۰۲۰) اشاره نمود آنان با کاربرد تئوری پیچیدگی اقتصادی و فضای محصول نشان دادند پنج ایالت جنوبی مکزیک محصولات با پیچیدگی پایین تر نسبت به سایر ایالت‌ها تولید می‌نمایند و در نهایت محصولات با پیچیدگی بالاتر از محصولات تولیدی فعلی را جهت افزایش تنوع تولید برای پنج ایالت جنوبی مکزیک معرفی نمودند. در همین خصوص آگونگور و آبی^{۱۶} (۲۰۲۱) با کاربرد تئوری فضای محصول و اقتصاد سنجی و نیز استفاده از داده های مربوط به ثبت اختراع و پتنت برای استان‌های ترکیه فضای دانش را برای این کشور ترسیم و نشان داد فضای دانش در سال ۲۰۱۷ نسبت به ۲۰۱۰ متراکم تر شده و با افزایش تنوع و تراکم، نوآوری در استان‌های ترکیه افزایش یافته است. همچنین وانگ و تورکینا^{۱۷} (۲۰۲۱) با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه های اجتماعی

¹² Sezai, Ata

¹³ Wang and Turkina

¹⁴ Alshamsi et al

¹⁵ Zaldivar and perez

¹⁶ Akgungor and Abay

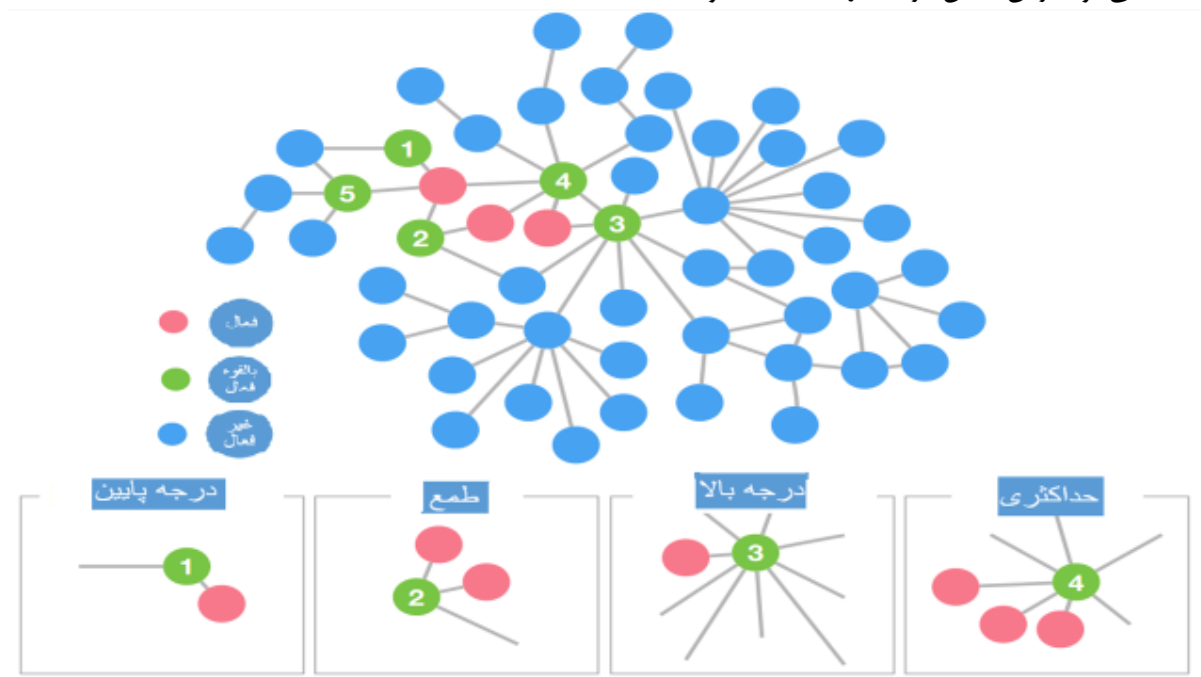
¹⁷ Wang and Turkina

و ترسیم فضای محصول ایالت کبک^{۱۸} کانادا، این ایالت را با سایر ایالت های این کشور به لحاظ برخورداری از پیچیدگی اقتصادی مقایسه و محصولاتی را در راستای سیاست گذاری صنعتی در ایالت کبک جهت تولید و صادرات معرفی نمودند.

۳- نتایج

در سال های اخیر، پیچیدگی اقتصادی به یک زمینه فعال از تحقیقات بنیادی و کاربردی تبدیل شده است. با این حال علی رغم پیشرفت های مهم، مفاهیم سیاست گذاری پیچیدگی اقتصادی همچنان مبهم باقی مانده است. این امر عمدتاً به دلیل رشد سریع این حوزه و نیز میان رشته ای بودن پیچیدگی اقتصادی است که ترکیبی از علوم مختلف مانند فیزیک، اقتصاد، کامپیوتر می باشد. تکنیک های پیچیدگی اقتصادی به دلیل توانایی آن ها در کار با کلان داده ها به روش هایی تبدیل شده اند که هویت عناصر درگیر و الگوهای تعامل آنها را حفظ، درک دقیقی از ساختار اقتصادی فراهم و در نتیجه رویکرد عملگرایانه بیشتری برای سیاست گذاری صنعتی که در آن توصیه ها برای هر فعالیت و مکان مناسب می باشد باز کرده است.

یکی از سوالات مهم برای سیاست گذاران صنعتی این است که با توجه به محدودیتهای منابع مالی و ... به کدام فعالیت ها ورود کنند که در آینده با مشکل مواجه نشوند؟ برای پاسخگویی به این سوال، مطالعات اولیه با روش پیچیدگی اقتصادی جهت ورود یک فعالیت به کشور، منطقه یا شهر صرفاً بهره گیری از معیارهایی پیچیدگی، نزدیکی و غیره و یا ترکیبی از آن ها را معرفی نموده اند اما به مرور این روش ها تکامل پیدا کردند. شکل ۲ تصویری گرافیکی فرضی از ۵۸ محصول در یک کشور/صنعت/شهر را نشان می دهد. در این شبکه، سه محصول رقابت پذیر یا فعال هستند (قرمز) و چهار محصول احتمال رقابت پذیری یا فعال سازی (سبز) دارند را نشان می دهد. راهبرد حریصانه گره ۲ را هدف قرار می دهد که دارای دو همسایه فعال از سه است. دستیابی به اهداف در این راهبرد راحت تر و به همین جهت به میوه های آویزان پایین تشبیه شده است. راهبرد درجه بالا گره ۳ را انتخاب می کند که دارای یک گره با درجه ۹ می باشد. در صورت فعال سازی گره ۳، در آینده امکان فعال سازی گره های بیشتری وجود خواهد داشت این راهبرد گره هایی را هدف قرار می دهد که برای فعال شدن در اوایل مشکل اما می تواند به فعال شدن سایر گره ها در مراحل بعدی کمک کند در حالی که در راهبرد حریصانه و با انتخاب گره ۲ امکان فعال سازی گره های کم تری در آینده وجود خواهد داشت. در راهبرد حداکثری در هر گام، گره با بیشترین تعداد اتصالات به گره های فعال انتخاب می شود و بر اساس این راهبرد گره ۴ که متصل به سه گره فعال می باشد انتخاب می شود و در راهبرد درجه پایین در هر مرحله گره با کمترین درجه برای فعال سازی انتخاب می شود. براین اساس گره شماره ۱ انتخاب خواهد شد.



¹⁸ Quebec

شکل شماره (۲): سیاست‌گذاری صنعتی در یک شبکه با ۵۸ گره (Alshamsi et al., 2018)

نهایتاً الشمسی و همکاران (۲۰۱۸) راهبرد بهینه صنعتی در شبکه محصولات را معرفی و اثبات نمودند که ترکیبی از استراتژی‌های حریصانه و حداکثر می‌باشد. پس از مشخص شدن محصولات و فعالیت‌ها جهت تولید و فعال سازی بر اساس استراتژی بهینه، مرحله بعدی چگونگی اجرای این سیاست‌ها خواهد بود که نیاز به توسعه و تکامل تئوری پیچیدگی جهت سیاست‌گذاری صنعتی در آینده دارد.

۴-منابع

1. Alshamsi, A., Pinheiro, F. L., & Hidalgo, C. A. (2018). Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas. *Nature communications*, 9(1), 1-7.
2. Bahrami, F., Shahmoradi, B., Noori, J., Turkina, E., & Bahrami, H. (2022). Economic complexity and the dynamics of regional competitiveness a systematic review. *Competitiveness Review: An International Business Journal*.
3. Bahar, D., Rosenow, S., Stein, E., & Wagner, R. (2019). Export take-offs and acceleration: Unpacking cross-sector linkages in the evolution of comparative advantage. *World Development*, 117, 48-60.
4. Balland, P. A., Jara-Figueroa, C., Petralia, S. G., Steijn, M., Rigby, D. L., & Hidalgo, C. A. (2020). Complex economic activities concentrate in large cities. *Nature human behaviour*, 4(3), 248-254.
5. Balland, P. A., & Rigby, D. (2017). The geography of complex knowledge. *Economic Geography*, 93(1), 1-23.
6. Balland, P. A., Boschma, R., Crespo, J., & Rigby, D. L. (2019). Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional studies*, 53(9), 1252-1268.
7. Boschma, R., Balland, P. A., & Kogler, D. F. (2015). Relatedness and technological change in cities: the rise and fall of technological knowledge in US metropolitan areas from 1981 to 2010. *Industrial and corporate change*, 24(1), 223-250.
8. Cristelli, M., Gabrielli, A., Tacchella, A., Caldarelli, G., & Pietronero, L. (2013). Measuring the intangibles: A metrics for the economic complexity of countries and products. *PloS one*, 8(8), e70726.
9. Chávez, J. C., Mosqueda, M. T., & Gómez-Zaldívar, M. (2017). Economic complexity and regional growth performance: Evidence from the Mexican Economy. *Review of Regional Studies*, 47(2), 201-219.
10. Erkan, B., & Yildirimci, E. (2015). Economic complexity and export competitiveness: The case of Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 524-533.
11. Farinha, T., Balland, P. A., Morrison, A., & Boschma, R. (2019). What drives the geography of jobs in the US? Unpacking relatedness. *Industry and Innovation*, 26(9), 988-1022.
12. Ferraz, D., Moralles, H. F., Campoli, J. S., Oliveira, F. C. R. D., & Rebelatto, D. A. D. N. (2018). Economic complexity and human development: DEA performance measurement in Asia and Latin America. *Gestão & Produção*, 25, 839-853.
13. Ferreira-Coimbra, N., & Vaillant, M. (2009). Evolución del espacio de productos exportados: ¿ está Uruguay en el lugar equivocado?. *Revista de economía*, 16(2), 97-146.
14. Gala, P. (2020). *Complexidade econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações*. Contraponto Editora.

15. Guevara, M. R., Hartmann, D., Aristarán, M., Mendoza, M., & Hidalgo, C. A. (2016). The research space: using career paths to predict the evolution of the research output of individuals, institutions, and nations. *Scientometrics*, 109(3), 1695-1709.
16. González, A., Ortigoza, E., Llamosas, C., Blanco, G., & Amarilla, R. (2019). Multi-criteria analysis of economic complexity transition in emerging economies: The case of Paraguay. *Socio-Economic Planning Sciences*, 68, 100617.
17. Hausmann, R., & Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of economic growth*, 16(4), 309-342.
18. Hidalgo, C. A. (2021). Economic complexity theory and applications. *Nature Reviews Physics*, 3(2), 92-113.
19. Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World development*, 93, 75-93.
20. Huang, Y., & Zhu, S. (2020). Regional industrial dynamics under the environmental pressures in China. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121917.
21. Khosravi, A., Daei-Karimzadeh, S., Shahmoradi, B., & Soltanpanah, H. (2020). Optimizing the Export Diversification Strategy of Iran's Chemical Products Using Product Spaces and Economic Complexity Theories. *Iranian Journal of Economic Studies*, 9(2), 595-621.
22. Kuznets, S. (2019). Economic growth and income inequality. In *The gap between rich and poor* (pp. 25-37). Routledge.
23. Basile, R., & Cicerone, G. (2022). Economic complexity and productivity polarization: Evidence from Italian provinces. *German Economic Review*.
24. Lapatinas, A. (2016). Economic complexity and human development: A note. *Economics Bulletin*, 36(3), 1441-1452.
25. Neffke, F., Henning, M., & Boschma, R. (2011). How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic geography*, 87(3), 237-265.
26. Neffke, F., & Henning, M. (2013). Skill relatedness and firm diversification. *Strategic Management Journal*, 34(3), 297-316.
27. Neffke, F. M., Otto, A., & Hidalgo, C. (2018). The mobility of displaced workers: How the local industry mix affects job search. *Journal of Urban Economics*, 108, 124-140.
28. Petralia, S., Balland, P. A., & Morrison, A. (2017). Climbing the ladder of technological development. *Research Policy*, 46(5), 956-969.
29. Pérez Hernández, C. C., Salazar Hernández, B. C., & Mendoza Moheno, J. (2019). Diagnóstico de la complejidad económica del estado de Hidalgo: de las capacidades a las oportunidades. *Revista mexicana de economía y finanzas*, 14(2), 261-277.
30. Poncet, S. & de Waldemar, F. S. (2013). Economic complexity and growth. *Rev. Econ.* 64, 495-503.
31. Sezai, A. (2020). Evolution of the product space and a new proposal for Turkey's export incentive system. *Turkey: Presidency of Strategy and Budget*.
32. Sørensen, B. B., Estmann, C., Sarmiento, E. F., & Rand, J. (2020). *Economic complexity and structural transformation: the case of Mozambique* (No. 2020/141). WIDER Working Paper.
33. Ahmed, Z., Can, M., Sinha, A., Ahmad, M., Alvarado, R., & Rjoub, H. (2022). Investigating the role of economic complexity in sustainable development and environmental sustainability. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1-13.

34. Zheng, S., Sun, W., Wu, J., & Kahn, M. E. (2016). Urban agglomeration and local economic growth in China: the role of new industrial parks. *USC-INET Research Paper*, (16-06).
35. Wang, Y., & Turkina, E. (2020). Economic complexity, product space network and Quebec's global competitiveness. *Canadian Journal of Administrative Sciences/Revue Canadienne des Sciences de l'Administration*, 37(3), 334-349.

Application of Economic Complexity Theory in Industrial Policy Making

Anvar Khosravi (Corresponding Author)

Assistant Professor, Department of Economics, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

Email: anvar_khosravi@yahoo.com

Heirsh Soltanpanah

Assistant Professor, Department of Management, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

Abstract

Complex economics provides a powerful and universal tool for understanding key economic and social issues and related challenges. The basic idea is that economic growth and development, environmental sustainability, income inequality and spatial inequality are visible outcomes of latent systemic relationships. The study of economic complexity aims to understand the structure of these interactions and how various socioeconomic processes are formed. This emerging field relies heavily on machine learning and network science techniques. The purpose of this article is to examine the applications of economic complexity to its application in various fields, including industrial policy. The results of this survey show that over the past decade, despite some criticism, techniques for measuring economic complexity and related indicators have evolved into a well-known method for planning industrial policy at the international and national levels (states and cities).

Keywords: Economic complexity, industrial policy, network science.