-- Journal of Economic Research----------
Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:

ATU PRESS

Original Research / Review / ...
Received:
Accepted :
ISSN:
eISSN:

A Comparative Analysis of the Base Metals Production Chain in Iran, China, and the United States Using the APL Index

Mehdi Esm Hosseini — M.A. in Energy Economics, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Zarir Negintaji* — Assistant Professor, Economics Department, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Fazel Moridi Farimani — Assistant Professor, Economics Department, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract

Basic metals are among the strategic sectors of industrial economies and play a central role in linking mining, energy, transportation, machinery, construction, infrastructure, and downstream industries. Despite Iran's mineral and production capacities in steel, copper, and aluminium chains, the key question is to what extent this sector is embedded in a deep, multi-stage, and connected domestic production network. This study comparatively analyzes the position of the basic metals sector in Iran, China, and the United States using the Average Propagation Length (APL) index within an input-output framework. The comparison among the three countries is not intended as a comparison of economies at similar levels of development; rather, it is designed as a form of structural benchmarking. China is considered as an industrializing economy with rapid production-chain deepening, while the United States represents an advanced industrial economy. The study uses domestic input-output tables for Iran in 1378, 1383, 1389, 1395, and 1400, and for China and the United States in 1999, 2004, 2010, 2016, and 2021. In this framework, backward APL based on the Leontief inverse is used to measure the dependence of the basic metals sector on upstream inputs and industries, while forward APL based on the Ghosh inverse is used to measure the propagation of the sector's output across downstream industries. The findings show that Iran's basic metals sector has a position above the domestic

* Corresponding Author: z_negintaji@sbu.ac.ir
How to Cite: Esm Hosseini, M., Negintaji, Z., & Moridi Farimani, F. (2026). *A Comparative Analysis of the Base Metals Production Chain in Iran, China, and the United States Using the APL Index*. Journal of Economic Research,

economic average; however, this position has not yet been transformed into a deep, technology-intensive, and value-creating network comparable to China and especially the United States. The results also indicate that normalized APL indicators should be interpreted with regard to differences in economic structure, sectoral classification, the role of intermediate imports, and the limitations of the APL index. Accordingly, upgrading Iran's basic metals sector requires targeted development of downstream links, strengthening machinery and engineering services, reducing raw-material orientation, and pursuing a more intelligent connection to regional and global value chains.

Keywords: Base Metals, Production Chain, Average Propagation Length, Input–Output Analysis, Industrial Policy, Iran, China, United States

مقاله پژوهشی/مروری/سخن سردبیر
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰
ISSN: eISSN:

--پژوهشنامه اقتصادی---------
دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص
atu.ac.ir.
DOI:

تحلیل تطبیقی زنجیره تولید فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا با استفاده از شاخص طول متوسط انتشار

مهدی اسم حسینی | دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

زریر نگین‌تاجی * | استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

فاضل مریدی فریمانی | استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

فلزات اساسی از بخش‌های راهبردی اقتصاد صنعتی‌اند و در پیوند میان استخراج، انرژی، حمل‌ونقل، ماشین‌آلات، ساختمان، زیرساخت و صنایع پایین‌دستی نقش محوری دارند. با وجود ظرفیت‌های معدنی و تولیدی ایران در زنجیره فولاد، مس و آلومینیوم، مسئله اصلی آن است که این بخش تا چه اندازه در شبکه تولید داخلی از زنجیره‌ای عمیق، چندمرحله‌ای و متصل برخوردار است. هدف این پژوهش، تحلیل تطبیقی جایگاه بخش فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا با استفاده از شاخص طول متوسط انتشار APL در چارچوب جداول داده‌ستانده است. مقایسه سه کشور در این مقاله از نوع مقایسه اقتصادهای هم‌سطح نیست، بلکه نوعی معیارگذاری ساختاری است؛ چین به‌عنوان نمونه اقتصاد صنعتی‌شونده با تجربه تعمیق سریع زنجیره‌های تولید و آمریکا به‌عنوان اقتصاد صنعتی پیشرفته انتخاب شده‌اند. داده‌های پژوهش بر پایه جداول داده‌ستانده داخلی‌شده برای ایران در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۹، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ و برای چین و آمریکا در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱ تنظیم شده است. در این چارچوب، APL پسین مبتنی بر ماتریس لئونتیف برای سنجش وابستگی بخش فلزات اساسی به نهاده‌ها و صنایع بالادستی و APL پیشین مبتنی بر ماتریس گش برای سنجش انتشار ستانده این بخش در صنایع پایین‌دستی محاسبه شد. یافته‌ها نشان می‌دهد بخش فلزات اساسی در ایران نسبت به میانگین اقتصاد داخلی جایگاهی بالاتر از متوسط دارد، اما این جایگاه هنوز به شبکه‌ای عمیق، فناورانه و ارزش‌افزا مشابه چین و به‌ویژه آمریکا تبدیل نشده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد تفسیر شاخص‌های نرمال‌شده باید با توجه به تفاوت ساختار اقتصادی کشورها، سطح

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد انرژی دانشگاه شهید بهشتی است.

* نویسنده مسئول: z_negintaji@sbu.ac.ir

تفصیل جداول، نقش واردات واسطه‌ای و محدودیت شاخص APL انجام شود. بر این اساس، ارتقای جایگاه فلزات اساسی در ایران مستلزم توسعه هدفمند حلقه‌های پایین‌دستی، تقویت ماشین‌سازی و خدمات مهندسی، کاهش خام‌فروشی و اتصال هوشمند به زنجیره‌های ارزش منطقه‌ای و جهانی است.

کلیدواژه‌ها: فلزات اساسی، زنجیره تولید، شاخصAPL ، داده‌ستانده، پیوندهای بین‌بخشی

طبقه‌بندی JEL : C67, L61, O14, O25

مقدمه

فلزات اساسی از مهم‌ترین نهاده‌های راهبردی در اقتصاد صنعتی به شمار می‌روند و در طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های تولیدی، عمرانی، زیرساختی و فناوری‌محور مورد استفاده قرار می‌گیرند. این بخش نه‌تنها تأمین‌کننده مواد اولیه صنایع مختلف است، بلکه به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه صنعتی، نقش مهمی در شکل‌دهی شبکه تولید، توسعه صنایع پایین‌دستی و ایجاد پیوند میان بخش‌های مختلف اقتصادی ایفا می‌کند. تجربه کشورهای صنعتی نشان می‌دهد که مزیت اصلی در این حوزه، صرفاً برخورداری از منابع معدنی یا ظرفیت تولید بالا نیست، بلکه توانایی ایجاد زنجیره‌های تولیدی عمیق، پیوسته و درهم‌تنیده است؛ زنجیره‌هایی که بتوانند استخراج مواد اولیه را به تولید محصولات صنعتی، فناوری‌بر و دارای ارزش افزوده بالا متصل کنند (یونگ و کو، ۲۰۱۵).[۱] بر اساس گزارش سازمان زمین‌شناسی آمریکا نیز، فلزات اساسی و مواد معدنی راهبردی همچنان از مهم‌ترین نهاده‌های صنایع زیرساختی، انرژی، حمل‌ونقل، تجهیزات صنعتی و فناوری‌های نوین در اقتصاد جهانی محسوب می‌شوند و نقش آن‌ها در امنیت صنعتی و توسعه زنجیره‌های تولید در سال‌های اخیر برجسته‌تر شده است (سازمان زمین‌شناسی آمریکا، ۲۰۲۵).[۲]

بخش فلزات اساسی در هر یک از سه کشور مورد بررسی، جایگاه متفاوتی در ساختار تولید دارد. در ایران، این بخش عمدتاً بر پایه ظرفیت‌های معدنی و تولید محصولاتی مانند فولاد، مس و آلومینیوم شکل گرفته و سهم مهمی در صادرات غیرنفتی و تأمین مواد اولیه صنایع داخلی دارد. با این حال، بخش مهمی از فعالیت‌های این حوزه همچنان در حلقه‌های اولیه و نیمه‌خام زنجیره متمرکز است و پیوند آن با صنایع دارای فناوری پیشرفته و ارزش

---

۱ .Yeung, H. W.-C. & Coe, N. M

۲ U.S. Geological Survey (USGS)

افزوده بالا محدود باقی مانده است (بانویی و فهیمی، ۱۴۰۰). در مقابل، چین طی دهه‌های اخیر با توسعه زیرساخت‌ها، افزایش ظرفیت تولید و اتصال صنایع پایه به صنایع پایین‌دستی و صادراتی، فلزات اساسی را به بخشی عمیقاً درهم‌تنیده در شبکه تولید خود تبدیل کرده است. آمریکا نیز با وجود ساختار صنعتی بالغ‌تر، این بخش را در پیوند با صنایع پیشرفته، ماشین‌آلات، تجهیزات صنعتی، صنایع دفاعی، حمل‌ونقل و فناوری‌های نوین توسعه داده است. گزارش‌های سازمان همکاری و توسعه اقتصادی نیز نشان می‌دهد که در اقتصادهای صنعتی، بخش فلزات اساسی زمانی نقش پیشران توسعه را ایفا می‌کند که بتواند با زنجیره‌های تولید داخلی و جهانی پیوند مؤثر برقرار کند و در شبکه ارزش افزوده بین‌بخشی جایگاه عمیق‌تری به دست آورد (سازمان همکاری و توسعه اقتصادی، ۲۰۲۳).[۱] از این رو، مقایسه ایران با چین و آمریکا می‌تواند تصویر روشن‌تری از فاصله ساختاری ایران از نظر عمق زنجیره تولید، پیچیدگی روابط بین‌بخشی و میزان ادغام در شبکه تولید ارائه دهد.

در دهه‌های اخیر، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که مسئله اصلی در صنایع پایه ایران صرفاً میزان تولید یا صادرات نیست، بلکه کیفیت پیوندهای تولیدی و میزان تکمیل زنجیره ارزش اهمیت بیشتری دارد. بررسی ساختار صنعتی ایران نشان می‌دهد که سیاست‌های صنعتی، تجاری و فناوری تأثیر قابل توجهی بر نحوه شکل‌گیری و تحول رشته‌فعالیت‌های صنعتی داشته‌اند و توسعه صنعتی پایدار زمانی تحقق می‌یابد که بخش‌های پایه بتوانند با صنایع پایین‌دستی و دانش‌محور پیوند مؤثر برقرار کنند (مبصر و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین، مطالعات مرتبط با زنجیره ارزش صنعت فولاد و مسئله خام‌فروشی نشان می‌دهند که باقی ماندن بخشی از ظرفیت‌های تولیدی در حلقه‌های اولیه زنجیره، مانع تحقق کامل ارزش افزوده، توسعه فناوری و ایجاد اشتغال صنعتی پایدار می‌شود (آداب، ۱۳۹۹؛ قازاریان و همکاران، ۱۴۰۳). بنابراین، مسئله اصلی در حوزه فلزات اساسی، صرفاً افزایش ظرفیت تولید نیست، بلکه توسعه پیوندهای بین‌بخشی، تکمیل حلقه‌های تولید و تقویت ارتباط این بخش با شبکه تولید داخلی و خارجی است.

برای بررسی جایگاه ساختاری فلزات اساسی، استفاده از شاخص‌های متعارف تولید، صادرات یا ارزش افزوده به‌تنهایی کافی نیست؛ زیرا این شاخص‌ها عمق روابط بین‌بخشی و نحوه انتشار آثار تولیدی در اقتصاد را به‌خوبی نشان نمی‌دهند. در این زمینه، تحلیل

---

[۱] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)

داده‌ستانده[۱] به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای تحلیل ساختار اقتصادی، امکان بررسی ارتباط متقابل بخش‌های مختلف اقتصاد را فراهم می‌کند. در چارچوب داده‌ستانده، هر بخش اقتصادی هم به‌عنوان مصرف‌کننده نهاده از سایر بخش‌ها و هم به‌عنوان عرضه‌کننده محصول برای دیگر فعالیت‌های اقتصادی عمل می‌کند؛ از این رو، می‌توان شدت وابستگی‌ها و میزان اثرگذاری متقابل بخش‌ها را تحلیل کرد (لئونتیف، ۱۹۸۶؛ میلر و بلیر، ۲۰۲۲).[۲] در کنار این چارچوب، شاخص طول متوسط انتشار[۳] به‌عنوان یکی از شاخص‌های پیشرفته تحلیل داده‌ستانده، نشان می‌دهد که آثار تولیدی یک بخش به‌طور متوسط از چند مرحله و حلقه در شبکه تولید عبور می‌کند. این شاخص برخلاف شاخص‌های متعارف پیوندهای بین‌بخشی که بیشتر بر اندازه اثرات مستقیم و غیرمستقیم تمرکز دارند، متوسط تعداد مراحل انتشار آثار اقتصادی در شبکه تولید را نشان می‌دهد و از این جهت برای تحلیل عمق و چندمرحله‌ای بودن زنجیره‌های تولید مناسب است (دیتزن‌باخر و رومرو، ۲۰۰۷).[۴]

انتخاب چین و آمریکا در این پژوهش با هدف مقایسه کشورهایی هم‌سطح با ایران انجام نشده است، بلکه این مقایسه از نوع **معیارگذاری ساختاری** است. چین از آن جهت انتخاب شده که طی دهه‌های اخیر، با گسترش صنایع سنگین، زیرساخت، ماشین‌آلات، ساختمان و صادرات صنعتی، نمونه‌ای مهم از تعمیق سریع زنجیره‌های تولید محسوب می‌شود. آمریکا نیز به‌عنوان اقتصاد صنعتی پیشرفته‌ای انتخاب شده که در آن، بخش فلزات اساسی با صنایع فناوری‌بر، تجهیزات صنعتی، حمل‌ونقل، خدمات مهندسی و زنجیره‌های پیچیده تولید پیوند دارد. بنابراین، هدف پژوهش رتبه‌بندی ساده سه اقتصاد یا همسان‌فرض‌کردن ساختار آن‌ها نیست، بلکه سنجش فاصله ساختاری بخش فلزات اساسی ایران با دو الگوی متفاوت توسعه صنعتی است.

دامنه تحلیل مقاله، زنجیره تولید داخلی است؛ زیرا محاسبات بر پایه جداول داده‌ستانده داخلی‌شده انجام شده است. بنابراین، نتایج پژوهش مستقیماً جایگاه کشورها در زنجیره ارزش جهانی یا شبکه تولید جهانی را اندازه‌گیری نمی‌کند. این تمایز از آن جهت اهمیت دارد که ممکن است یک بخش در اقتصاد داخلی از شاخص طول متوسط انتشار بالایی

---

۱ Input–Output Analysis

۲ .Leontief, W.; Miller, R. E. & Blair, P. D

۳ Average Propagation Length (APL)

۴ .Dietzenbacher, E. & Romero, I

برخوردار باشد، اما از نظر مشارکت در زنجیره ارزش جهانی، صادرات ارزش‌افزا یا سطح فناوری، جایگاه متفاوتی داشته باشد.

بر این اساس، هدف اصلی مقاله حاضر، تحلیل تطبیقی جایگاه بخش فلزات اساسی در شبکه تولید داخلی ایران، چین و آمریکا با استفاده از شاخص طول متوسط انتشار است. پرسش اصلی پژوهش آن است که بخش فلزات اساسی در ایران، در مقایسه با چین و آمریکا، از نظر پیوندهای پسین[۱] و پیشین[۲] چه جایگاهی در ساختار تولید دارد؟ در این مقاله، پیوند پسین به وابستگی تولید فلزات اساسی به نهاده‌ها و صنایع بالادستی و پیوند پیشین به انتشار ستانده این بخش در صنایع پایین‌دستی اشاره دارد. انتظار نظری پژوهش آن است که بخش فلزات اساسی ایران، با وجود جایگاه مهم در اقتصاد داخلی، از نظر عمق و چندمرحله‌ای بودن پیوندهای تولیدی، به‌ویژه در مقایسه با اقتصاد صنعتی پیشرفته آمریکا و اقتصاد صنعتی‌شونده چین، در سطح پایین‌تری قرار داشته باشد. این انتظار در مقاله نه از طریق آزمون آماری، بلکه از طریق محاسبه و مقایسه شاخص‌های خام و نرمال‌شده APL بررسی می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند تصویری روشن‌تر از جایگاه ساختاری فلزات اساسی در اقتصاد ایران ارائه دهد و مبنایی برای سیاست‌گذاری صنعتی، توسعه صنایع پایین‌دستی، کاهش خام‌فروشی و تعمیق زنجیره تولید فراهم سازد.

ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

تحلیل زنجیره تولید فلزات اساسی مستلزم رویکردی است که این بخش را نه به‌عنوان یک فعالیت منفرد، بلکه به‌عنوان بخشی از شبکه تولید ملی بررسی کند. فلزات اساسی از یک‌سو به بخش‌هایی مانند معدن، انرژی، حمل‌ونقل، خدمات صنعتی و ماشین‌آلات وابسته‌اند و از سوی دیگر، نهاده اصلی بسیاری از صنایع پایین‌دستی مانند ساختمان، خودرو، تجهیزات صنعتی، صنایع برق و زیرساخت‌های عمرانی محسوب می‌شوند. از این رو، اهمیت این بخش تنها با حجم تولید یا صادرات آن مشخص نمی‌شود، بلکه به میزان درهم‌تنیدگی آن با سایر بخش‌های اقتصاد و جایگاه آن در شبکه تولید وابسته است. در چارچوب تحلیل داده‌ستانده، هر بخش اقتصادی هم مصرف‌کننده نهاده‌های سایر بخش‌ها و هم تأمین‌کننده نهاده برای فعالیت‌های دیگر است؛ بنابراین، این رویکرد امکان می‌دهد آثار مستقیم و غیرمستقیم فعالیت

---

[۱] Backward Linkage
[۲] Forward Linkage

یک بخش بر ساختار تولید و سایر بخش‌های اقتصاد بررسی شود (لئونتیف، ۱۹۸۶؛ میلر و بلیر، ۲۰۲۲).[۱]

در این چارچوب، مفاهیم پیوندهای پسین و پیشین نقش محوری دارند. پیوند پسین نشان می‌دهد تولید یک بخش تا چه اندازه به نهاده‌ها، خدمات و فعالیت‌های بالادستی وابسته است و معمولاً در چارچوب مدل تقاضامحور لئونتیف و معکوس لئونتیف تحلیل می‌شود. در مقابل، پیوند پیشین بیان می‌کند محصول یک بخش تا چه میزان در تولید سایر فعالیت‌های اقتصادی و صنایع پایین‌دستی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در این پژوهش با استفاده از چارچوب عرضه‌محور گش، به‌صورت توصیفی بررسی می‌شود. بر اساس نظریه توسعه نامتوازن هیرشمن، بخش‌هایی که پیوندهای گسترده‌تر و عمیق‌تری با سایر بخش‌های اقتصاد دارند، ظرفیت بیشتری برای ایفای نقش پیشران در توسعه صنعتی دارند (هیرشمن، ۱۹۵۸).[۲] فلزات اساسی نیز از نظر نظری، ظرفیت برخورداری هم‌زمان از هر دو نوع پیوند را دارد؛ زیرا هم برای تولید خود به نهاده‌های بالادستی وابسته است و هم محصولات آن در طیف وسیعی از صنایع پایین‌دستی مصرف می‌شود. به همین دلیل، بررسی جایگاه این بخش در شبکه تولید می‌تواند شناخت دقیق‌تری از توان صنعتی و ساختار توسعه‌ای اقتصاد ارائه دهد.

با این حال، سنجش شدت پیوندهای بین‌بخشی به‌تنهایی برای تحلیل عمق زنجیره تولید کافی نیست. شاخص طول متوسط انتشار برخلاف ضرایب متعارف پیوند که بیشتر بر اندازه و شدت اثرات مستقیم و غیرمستقیم تمرکز دارند، بر متوسط تعداد مراحل انتشار اثرات تولیدی در شبکه اقتصاد تأکید می‌کند. این شاخص بیان می‌کند که تغییر در تولید، تقاضا یا هزینه یک بخش، به‌طور متوسط از چند مرحله در ساختار تولید عبور می‌کند تا بر سایر بخش‌ها اثر بگذارد. بنابراین، هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که آن بخش در زنجیره‌ای عمیق‌تر، چندمرحله‌ای‌تر و پیچیده‌تر قرار گرفته است. البته APL به‌تنهایی وزن اقتصادی، ارزش افزوده، کیفیت فناوری یا اهمیت مالی هر حلقه از زنجیره را اندازه‌گیری نمی‌کند و باید در کنار سایر شاخص‌های ساختاری تفسیر شود. از این رو، شاخص طول متوسط انتشار برای مطالعه بخشی مانند فلزات اساسی مناسب است؛ زیرا این بخش در اقتصادهای صنعتی معمولاً از طریق شبکه‌ای گسترده از روابط تولیدی، صنعتی،

---

۱. Leontief, W.; Miller, R. E. & Blair, P. D.

۲. Hirschman, A. O.

زیرساختی و فناورانه با سایر فعالیت‌های اقتصادی پیوند دارد (دیتزن‌باخر و رومرو، ۲۰۰۷؛ اوسترهاون و بومستر، ۲۰۱۳).[۱]

در ادبیات داخلی، بخشی از مطالعات بر توسعه روش‌های داده‌ستانده و کاربرد آن در تحلیل ساختار اقتصاد ایران تمرکز داشته‌اند. توفیق (۱۳۷۱) از نخستین پژوهشگرانی بود که کاربردهای تحلیل داده‌ستانده را در سنجش روابط بین‌بخشی، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی اقتصادی ایران بررسی کرد. در ادامه، بانویی (۱۳۹۱، ۱۳۹۳) به مسائل مربوط به تفکیک واردات، به‌هنگام‌سازی جداول داده‌ستانده و چالش‌های فنی تنظیم جداول متقارن پرداخت. همچنین بانوئی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی منتشرشده در پژوهشنامه اقتصادی، به مقایسه خطاهای آماری جداول داده‌ستانده نوع دوم و سوم و نسبت آن‌ها با ارزش افزوده در صادرات ناخالص پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که نوع و ساختار جدول داده‌ستانده می‌تواند بر سنجش ارزش افزوده، تحلیل تجارت مبتنی بر ارزش افزوده و نتایج تحلیل‌های بین‌بخشی اثرگذار باشد. صادقی (۱۳۹۴) و صادقی‌شاهدانی (۱۳۹۴) نیز مبانی شناسایی بخش‌های کلیدی اقتصاد و مدل‌سازی داده‌ستانده را در اقتصاد ایران بررسی کردند. این مطالعات زمینه روش‌شناختی لازم برای تحلیل پیوندهای بین‌بخشی و سنجش جایگاه بخش‌ها در ساختار تولید را فراهم ساخته‌اند.

گروه دیگری از مطالعات داخلی منتشرشده در فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی و سایر نشریات تخصصی، به‌طور مشخص بر شاخص طول متوسط انتشار و زنجیره‌های تولید تمرکز داشته‌اند. در مطالعه‌ای توسط جهانگرد و آزادی‌خواه جهرمی (۱۳۹۲) نشان داده شده که شاخص APL می‌تواند فراتر از ضرایب متعارف پیوند، تصویری از طول و مراحل انتشار آثار تولیدی در شبکه اقتصاد ارائه کند و برای شناسایی زنجیره‌های تولیدی به کار رود. همچنین در پژوهشی توسط بانوئی و فهیمی (۱۴۰۰)، شاخص متوسط فاصله انتشار برای بررسی نسبت زنجیره‌های تولید با ارزش افزوده داخلی در صادرات ناخالص و تخصص‌گرایی عمودی به کار گرفته شده است. در ادامه این مسیر، جهانگرد و جهانگرد (۱۴۰۴) ساختار ارزش افزوده صادرات ناخالص ایران و جایگاه اقتصاد ایران در زنجیره‌های ارزش جهانی نیز با استفاده از جداول داده‌ستانده بین‌کشوری بررسی شده و نتایج، از مشارکت محدود ایران در زنجیره‌های ارزش جهانی حکایت داشته است. افزون بر این، مطالعات جدیدتر توسط وطن‌خواه و همکاران (۱۴۰۳) با تمرکز بر پیچیدگی محیط درونی

---

[۱] .Dietzenbacher, E. & Romero, I.; Oosterhaven, J. & Bouwmeester, M. C

زنجیره‌های تولید در اقتصاد ایران، بر اهمیت تحلیل ساختار داخلی روابط بین‌بخشی تأکید کرده‌اند. پژوهش حاضر در امتداد این مطالعات قرار دارد، اما با تمرکز خاص بر بخش فلزات اساسی و مقایسه معیارگذاری‌شده ایران با چین و آمریکا، دامنه کاربرد شاخص APL را به تحلیل تطبیقی زنجیره یک بخش راهبردی صنعتی گسترش می‌دهد.

در ادامه، خان‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) زنجیره‌های تولید در محیط داخلی ایران و ارتباط آن با تجارت خارجی را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که برخی بخش‌های اقتصادی ایران از پیوندهای داخلی قوی‌تری برخوردارند، اما این پیوندها الزاماً به حضور مؤثر در تجارت خارجی منجر نشده است. همچنین خان‌زاده و همکاران (۱۴۰۳) تغییرات زنجیره‌های تولیدی اقتصاد ایران را با استفاده از شاخص طول متوسط انتشار بررسی کردند و نشان دادند که تحلیل طول زنجیره می‌تواند برای ارزیابی تحولات ساختاری اقتصاد در طول زمان مورد استفاده قرار گیرد.

در حوزه فلزات اساسی و ساختار صنعتی نیز مطالعاتی انجام شده است. آداب (۱۳۹۹) زنجیره ارزش صنعت فولاد ایران را از منظر جریان مواد و عدم‌توازن حلقه‌های زنجیره بررسی کرد و نشان داد که بخشی از مشکلات این صنعت ناشی از عدم تعادل میان حلقه‌های مختلف زنجیره است. مبصر و همکاران (۱۳۹۹) نیز ساختار صنعتی ایران را در چارچوب سیاست‌های توسعه‌ای تحلیل کردند و بر اهمیت سیاست صنعتی در تقویت پیوندهای تولیدی تأکید داشتند. قازاریان و همکاران (۱۴۰۳) نیز رابطه میان زنجیره‌های تولید و خام‌فروشی را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ضعف در تکمیل حلقه‌های پایین‌دستی می‌تواند منجر به تداوم صادرات مواد خام و نیمه‌خام شود.

در مطالعات خارجی، دیتزن‌باخر و رومرو[۱] (۲۰۰۷) شاخص طول متوسط انتشار را برای شناسایی زنجیره‌های تولید در چارچوب منطقه‌ای به کار گرفتند و نشان دادند که این شاخص علاوه بر شدت روابط بین‌بخشی، طول مسیر انتشار آثار تولیدی را نیز آشکار می‌کند. اوسترهاون و بومستر[۲] (۲۰۱۳) نیز برخی محدودیت‌ها و تفسیرهای متفاوت شاخص طول متوسط انتشار را بررسی کردند و نشان دادند که نتایج این شاخص می‌تواند در سطوح مختلف تحلیل، تفاوت‌هایی داشته باشد.

---

۱. Dietzenbacher, E. & Romero, I.

۲. Oosterhaven, J. & Bouwmeester, M. C.

گروهی دیگر از مطالعات خارجی به بررسی زنجیره‌های ارزش جهانی و پیچیدگی تولید پرداخته‌اند. تیمر و همکاران[۱] (۲۰۱۴) نشان دادند که سهم کشورها از ارزش افزوده جهانی صرفاً به حجم صادرات وابسته نیست، بلکه به جایگاه آن‌ها در مراحل مختلف زنجیره تولید بستگی دارد. میلر و تمورشویف[۲] (۲۰۱۷) نیز مفاهیم بالادستی و پایین‌دستی بودن صنایع و کشورها را در شبکه تولید جهانی بررسی کردند و نشان دادند که جایگاه صنایع در مسیرهای تأمین نهاده و مصرف ستانده، نقش مهمی در تحلیل ساختار تولید جهانی دارد.

همچنین برخی مطالعات خارجی به بررسی رابطه میان پیچیدگی اقتصادی و توسعه صنعتی پرداخته‌اند. هاوسمان و همکاران[۳] (۲۰۱۱) نشان دادند کشورهایی که توانایی تولید کالاهای پیچیده‌تر و متنوع‌تر را دارند، از ظرفیت بیشتری برای رشد و توسعه صنعتی برخوردارند. این مطالعات تأکید می‌کنند که صنایع پایه زمانی می‌توانند نقش توسعه‌ای ایفا کنند که با فعالیت‌های دارای فناوری بالاتر و ارزش افزوده بیشتر پیوند پیدا کنند. از این منظر، بررسی عمق زنجیره فلزات اساسی می‌تواند در تحلیل میزان بلوغ صنعتی اقتصادها اهمیت زیادی داشته باشد.

برای جمع‌بندی مطالعات مرورشده و نشان دادن جایگاه پژوهش حاضر در ادبیات موضوع، جدول ۱ مجموعه‌ای از مطالعات منتخب داخلی و خارجی را ارائه می‌کند که از نظر روش داده‌ستانده، شاخص APL ، تحلیل زنجیره‌های تولید، کیفیت جداول داده‌ستانده و مفاهیم بالادستی و پایین‌دستی با پژوهش حاضر ارتباط مستقیم دارند.

جدول ۱. خلاصه مطالعات منتخب داخلی و خارجی مرتبط با زنجیره تولید، شاخص APL و تحلیل داده‌ستانده

نویسنده/سال	قلمرو مطالعه	روش	موضوع مطالعه	نتیجه اصلی

---

۱ Timmer, M. P.; Erumban, A. A.; Los, B.; Stehrer, R. & de Vries, G. J.

۲ Miller, R. E. & Temurshoev, U.

۳ Hausmann et al

جهانگرد و آزادی‌خواه جهرمی (۱۳۹۲)	ایران	شاخص APL	شناسایی زنجیره‌های تولیدی	شاخص APL امکان شناسایی طول مسیرهای انتشار تولیدی و جایگاه بخش‌ها در شبکه تولید را فراهم می‌کند.
بانوئی و فهیمی (۱٤۰۰)	ایران	شاخص APL	زنجیره تولید و ارزش افزوده صادراتی	طول زنجیره تولید با ساختار ارزش افزوده صادراتی و تخصص‌گرایی عمودی مرتبط است.
بانوئی و همکاران(۱٤۰۱)	ایران	جداول داده‌ستانده	خطاهای آماری جداول داده‌ستانده	نوع و ساختار جدول داده‌ستانده می‌تواند بر نتایج تحلیل‌های بین‌بخشی و ارزش افزوده صادراتی اثر بگذارد.
خانزاده و همکاران (۱٤۰۳)	ایران	شاخصAPL	بررسی تغییرات زنجیره‌های تولیدی اقتصاد ایران	شاخص APL برای ارزیابی تحولات ساختاری اقتصاد در طول زمان قابل استفاده است.
وطن‌خواه و همکاران (۱٤۰۳)	ایران	شاخص پیچیدگی محیط درونی	پیچیدگی محیط درونی زنجیره‌های تولید در اقتصاد ایران	تحلیل ساختار داخلی روابط بین‌بخشی برای شناخت جایگاه بخش‌ها در شبکه تولید ضروری است.

دیتزنباخر و رومرو (۲۰۰۷)	بین منطقه‌ای	شاخص APL	شناسایی زنجیره‌های تولید با استفاده از طول متوسط انتشار	APLمی‌تواند طول مسیرهای انتشار اثرات تولیدی را در چارچوب داده‌ستانده آشکار کند.
اوسترهاون و بومستر (۲۰۱۳)	بین‌بخشی	شاخص APL	بررسی تفسیرها و محدودیت‌های شاخص APL	نتایج APL بسته به سطح تحلیل و نوع تفسیر می‌تواند متفاوت باشد.
میلر و تمورشویف (۲۰۱۷)	اقتصاد جهانی	داده‌ستانده بین‌المللی	بالادستی و پایین‌دستی بودن صنایع و کشورها	جایگاه صنایع در مسیر تأمین نهاده و مصرف ستانده در شبکه تولید جهانی قابل سنجش است.

مرور مطالعات منتخب نشان می‌دهد که شاخص APL و تحلیل داده‌ستانده پیش‌تر برای شناسایی زنجیره‌های تولید، بررسی ارزش افزوده صادراتی و تحلیل جایگاه صنایع در شبکه تولید مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال، تمرکز مشخص بر زنجیره تولید فلزات اساسی ایران و مقایسه معیارگذاری‌شده آن با چین و آمریکا کمتر مورد توجه بوده است. از این رو، پژوهش حاضر با تمرکز بر یک بخش راهبردی صنعتی، کاربرد شاخص APL را از شناسایی عمومی زنجیره‌های تولید به تحلیل تطبیقی جایگاه فلزات اساسی در شبکه تولید داخلی گسترش می‌دهد.

با وجود گسترش ادبیات داخلی و خارجی در زمینه تحلیل داده‌ستانده، شاخص طول متوسط انتشار و زنجیره‌های تولید، هنوز مطالعه‌ای که به‌طور مشخص زنجیره تولید فلزات اساسی ایران را با استفاده از شاخص طول متوسط انتشار و در مقایسه با چین و آمریکا بررسی کند، محدود است. بیشتر مطالعات داخلی بر شناسایی کلی زنجیره‌های تولید، تحلیل ساختار اقتصاد ایران یا بررسی خام‌فروشی تمرکز داشته‌اند و مطالعات خارجی نیز عمدتاً به تحلیل شبکه تولید جهانی یا زنجیره‌های ارزش در سطح کلان پرداخته‌اند. نوآوری پژوهش حاضر در آن است که با تمرکز بر بخش فلزات اساسی و مقایسه تطبیقی سه اقتصاد ایران، چین و

آمریکا، تلاش می‌کند جایگاه ایران را از نظر عمق پیوندهای پسین و پیشین، میزان درهم‌تنیدگی بین‌بخشی و موقعیت این بخش در شبکه تولید ارزیابی کند.

روش[1] پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی ـ تحلیلی است. هدف اصلی آن، سنجش و مقایسه عمق زنجیره تولید فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا با استفاده از جداول داده‌ستانده و شاخص APL (طول متوسط انتشار) است. در این چارچوب، بخش فلزات اساسی به‌عنوان بخشی از شبکه تولید ملی بررسی می‌شود و تمرکز پژوهش بر پیوندهای پسین و پیشین این بخش است.

قلمرو مکانی پژوهش شامل ایران، چین و آمریکا است. انتخاب این کشورها به دلیل تفاوت در ساختار صنعتی و جایگاه آن‌ها در زنجیره تولید فلزات اساسی انجام شده است. ایران نمونه‌ای از اقتصاد دارای ظرفیت معدنی و فلزی، چین نمونه‌ای از اقتصاد صنعتی نوظهور و آمریکا نمونه‌ای از اقتصاد پیشرفته صنعتی است. قلمرو زمانی پژوهش برای ایران شامل سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۹، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ و برای چین و آمریکا شامل سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱ است.

داده‌های پژوهش از جداول داده‌ستانده ایران، چین و ایالات متحده آمریکا استخراج شده است. برای ایران از جداول داده‌ستانده سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۹، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ استفاده شد. جداول ایران از نظر سطح تفصیل بخشی یکسان نیستند و به‌ترتیب در سطوح ۵۴، ۵۲، ۵۲، ۸۹ و ۷۴ بخشی مورد استفاده قرار گرفتند. برای چین، جداول سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱ از مجموعه جداول داده‌ستانده بانک توسعه آسیایی ADB استخراج شد. برای آمریکا نیز جداول متناظر از پایگاه OECD-ICIO استفاده شد. انتخاب سال‌های چین و آمریکا با هدف ایجاد مقاطع زمانی تقریباً متناظر با جداول ایران انجام شده است.

جدول ۲. مشخصات جداول داده‌ستانده مورد استفاده در پژوهش

[1] Method

کشور	سال‌ها	منبع	سطح تفصیل	بخش متناظر فلزات اساسی	توضیح
ایران	۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۹، ۱۳۹۵، ۱۴۰۰	بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران	۵۴، ۵۲، ۵۲، ۸۹، ۷۴ بخش	فلزات اساسی / فلزات پایه	داخلی‌سازی، تبدیل به قیمت ثابت، استخراج بخش متناظر
چین	۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۲۱	ADB	۳۵ بخش	Basic Metals	استفاده از طبقه‌بندی هماهنگ‌شده
آمریکا	۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶، ۲۰۲۱	OECD-ICIO	۷۱ بخش	Primary Metals	استخراج بخش متناظر با فلزات اساسی

با توجه به تفاوت سطح تفصیل و طبقه‌بندی جداول داده‌ستانده سه کشور، همسان‌سازی کامل همه بخش‌ها امکان‌پذیر نیست. از این رو، تمرکز همسان‌سازی بر بخش مورد مطالعه، یعنی فلزات اساسی، قرار گرفت. در جداول ایران، بخش متناظر با عنوان «فلزات اساسی» یا «فلزات پایه» شناسایی شد. در جداول چین، بخش Basic Metals و در جداول آمریکا، بخش Primary Metals به‌عنوان نزدیک‌ترین بخش متناظر انتخاب شد. در مواردی که طبقه‌بندی یک کشور بخش‌های جزئی‌تری مانند آهن و فولاد، مس، آلومینیوم یا سایر فلزات را جداگانه ارائه کرده بود، بخش متناظر با بالاترین سازگاری مفهومی با فلزات اساسی انتخاب یا تجمیع شد. بنابراین، نتایج مقاله باید به‌عنوان مقایسه بخش متناظر فلزات اساسی در هر نظام طبقه‌بندی تفسیر شود، نه مقایسه کاملاً همگن همه زیربخش‌های فلزی.

جدول ۳. تطبیق بخش فلزات اساسی در جداول ایران، چین و آمریکا

کشور	عنوان بخش در جدول	تفسیر در این پژوهش	نکته احتیاطی
ایران	فلزات اساسی / فلزات پایه	آهن، فولاد، مس، آلومینیوم و سایر فلزات اساسی	سطح تفصیل در سال‌های مختلف متفاوت است
چین	Basic Metals	فلزات اساسی در طبقه‌بندی ADB	مرز طبقه‌بندی آن با محصولات فلزی ساخته‌شده در برخی نظام‌های آماری متفاوت است
آمریکا	Primary Metals	فلزات پایه و اولیه در طبقه‌بندی OECD-ICIO	محصولات فلزی ساخته‌شده جدا از فلزات اولیه است

از آنجا که هدف پژوهش حاضر سنجش عمق زنجیره تولید داخلی فلزات اساسی است، جداول داده‌ستانده پیش از محاسبه شاخص‌ها داخلی‌سازی شدند. در جداول متعارف، بخشی از مصارف واسطه‌ای و تقاضای نهایی از محل واردات تأمین می‌شود. در فرایند داخلی‌سازی، جریان‌های وارداتی از مبادلات واسطه‌ای و اجزای تقاضای نهایی تفکیک شد تا ماتریس مبادلات داخلی میان بخش‌ها به دست آید. در این فرایند، ماتریس مبادلات واسطه‌ای کل به دو جزء داخلی و وارداتی تفکیک و جزء داخلی مبنای محاسبه ضرایب فنی قرار گرفت. بنابراین، ضرایب فنی و شاخص‌های APL در این پژوهش بر پایه روابط درون‌اقتصادی محاسبه شده‌اند. این انتخاب به‌صورت آگاهانه و برای تمرکز بر زنجیره داخلی انجام شده است، اما به این معناست که نقش واردات واسطه‌ای، فناوری وارداتی و جایگاه کشورها در زنجیره ارزش جهانی به‌طور مستقیم در شاخص اصلی مقاله منعکس نمی‌شود.

برای حذف اثر تغییرات قیمتی و امکان مقایسه زمانی، جداول داده‌ستانده به قیمت ثابت تبدیل شدند. در این پژوهش، سال پایه برای ایران ۱۳۹۵ و برای چین و آمریکا ۲۰۱۶ در نظر گرفته شد. تبدیل جداول به قیمت ثابت با استفاده از روش تعدیل مضاعف انجام شد. در این روش، اجزای واسطه‌ای و ستانده‌ها با شاخص‌های قیمتی متناظر تعدیل می‌شوند و ارزش

افزوده به‌صورت پسماند محاسبه می‌شود. استفاده از جداول به قیمت ثابت موجب می‌شود تغییرات شاخص‌های APL تا حد امکان بیانگر تغییرات واقعی ساختار تولید باشد، نه صرفاً تغییرات اسمی ناشی از تورم یا نوسان قیمت‌ها. انتخاب روش تعدیل مضاعف به دلیل سازگاری آن با مطالعات داده‌ستانده و امکان استفاده در شرایط محدودیت داده‌های قیمتی تفکیک‌شده انجام شد.

برای تحلیل روند تغییرات نیز شاخص‌ها در چند مقطع زمانی محاسبه شدند تا امکان بررسی تحولات ساختاری در طول زمان فراهم شود. استفاده از داده‌های چنددوره‌ای این امکان را ایجاد می‌کند که تغییرات تدریجی در جایگاه شبکه‌ای فلزات اساسی، روند تقویت یا تضعیف پیوندهای تولیدی و تحول ساختار صنعتی هر کشور مورد بررسی قرار گیرد. به همین دلیل، پژوهش حاضر علاوه بر مقایسه مقطعی، دارای بعد تحلیلی ـ روندی نیز هست.

در نهایت، برای جلوگیری از تأثیر تفاوت اندازه اقتصادها بر نتایج، شاخص‌های خام با میانگین کل اقتصاد هر کشور مقایسه و نرمال‌سازی شدند. این روش سبب می‌شود نتایج صرفاً بازتاب‌دهنده بزرگی اقتصاد کشورها نباشد، بلکه جایگاه نسبی بخش فلزات اساسی در شبکه تولید داخلی هر کشور را نشان دهد. بنابراین، استفاده هم‌زمان از شاخص‌های خام و نرمال‌شده، امکان تحلیل دقیق‌تر و معتبرتر نتایج را فراهم می‌کند.

در مرحله بعد، ماتریس ضرایب فنی لئونتیف محاسبه شده است. ضریب فنی لئونتیف نشان می‌دهد هر بخش برای تولید یک واحد محصول، چه مقدار نهاده از سایر بخش‌ها دریافت می‌کند:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$$

رابطه (۱)

در این رابطه، a_{ij} ضریب فنی لئونتیف، z_{ij} میزان مبادله واسطه‌ای از بخش i به بخش j و x_j ستانده کل بخش j است. بنابراین، ماتریس A ماتریس ضرایب فنی لئونتیف است که ساختار وابستگی هر بخش به نهاده‌های سایر بخش‌ها را نشان می‌دهد.

در مدل تقاضامحور لئونتیف، رابطه تولید به صورت زیر بیان می‌شود:

$$X = (I - A)^{-1}Y$$

رابطه (۲)

در این رابطه، X بردار ستانده کل، Y بردار تقاضای نهایی، I ماتریس همانی و $(I-A)^{-1}$ ماتریس معکوس لئونتیف است. معکوس لئونتیف آثار مستقیم و غیرمستقیم تغییر در تقاضای نهایی را نشان می‌دهد. در این پژوهش، این مدل مبنای محاسبه شاخص APL پسین است؛ زیرا APL پسین وابستگی تولید بخش فلزات اساسی به نهاده‌ها و صنایع بالادستی را نشان می‌دهد.

برای بررسی سمت عرضه نیز از ماتریس ضرایب گش استفاده شده است. ضریب گش نشان می‌دهد ستانده هر بخش چگونه میان سایر بخش‌ها توزیع می‌شود:

$$b_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i}$$

رابطه (۳)

در این رابطه، b_{ij} ضریب گش، z_{ij} میزان مبادله واسطه‌ای از بخش i به بخش j و x_i ستانده کل بخش i است. بنابراین، ماتریس B ماتریس ضرایب گش است که مسیر توزیع ستانده هر بخش در میان بخش‌های مصرف‌کننده را نشان می‌دهد. بر این اساس، مدل عرضه‌محور گش در این پژوهش به‌صورت توصیفی برای تحلیل انتشار ستانده بخش فلزات اساسی در صنایع پایین‌دستی به کار می‌رود و مبنای محاسبه شاخص APL پیشین است.

شاخص APL نشان می‌دهد اثر تغییر در تولید، تقاضا یا هزینه یک بخش، به‌طور متوسط از چند مرحله در شبکه تولید عبور می‌کند. در مدل لئونتیف، معکوس لئونتیف به‌صورت بسط مراحل انتشار قابل بیان است:

$$(I-A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \cdots$$

شاخص APL پسین به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$APL_{ij}^{B} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} k(A^k)_{ij}}{\sum_{k=1}^{\infty} (A^k)_{ij}}$$

رابطه (۴)

در این رابطه، APL_{ij}^{B} شاخص طول متوسط انتشار پسین است. صورت کسر، مجموع مراحل انتشار وزن‌دارشده بر اساس طول مسیر و مخرج کسر، مجموع آثار انتشار در شبکه لئونتیف را نشان می‌دهد. این شاخص در پژوهش حاضر برای سنجش وابستگی بخش فلزات اساسی به نهاده‌ها، خدمات و صنایع بالادستی استفاده می‌شود.

برای محاسبه شاخص APL پیشین، از بسط معکوس گش استفاده می‌شود:

$$(I-B)^{-1} = I + B + B^2 + B^3 + \cdots$$

فرمول شاخص APL پیشین به صورت زیر است:

$$APL_{ij}^{F} = \frac{\sum_{k=1}^{\infty} k(B^k)_{ij}}{\sum_{k=1}^{\infty} (B^k)_{ij}}$$

رابطه (۵)

در این رابطه، APL_{ij}^{F} شاخص طول متوسط انتشار پیشین است. این شاخص نشان می‌دهد ستانده یک بخش به‌طور متوسط از چند مرحله در میان بخش‌های مصرف‌کننده و صنایع پایین‌دستی منتشر می‌شود. بنابراین، در این پژوهش از APL پیشین برای سنجش نحوه انتشار ستانده بخش فلزات اساسی در صنایع پایین‌دستی استفاده شده است.

برای امکان مقایسه میان کشورها، علاوه بر مقادیر خام شاخص‌ها، مقادیر نرمال‌شده نیز محاسبه شده‌اند. نرمال‌سازی از طریق نسبت شاخص بخش فلزات اساسی به میانگین کل اقتصاد همان کشور انجام شده است:

$$NAPL_i = \frac{APL_i}{\bar{APL}}$$

رابطه (۶)

در این رابطه، $NAPL_i$ مقدار نرمال‌شده شاخص برای بخش i، APL_i مقدار خام شاخص برای همان بخش و $\bar{APL}$ میانگین شاخص برای کل اقتصاد همان کشور است. اگر مقدار شاخص نرمال‌شده بزرگ‌تر از یک باشد، بخش فلزات اساسی نسبت به میانگین اقتصاد آن کشور از زنجیره‌ای طولانی‌تر و چندمرحله‌ای‌تر برخوردار است و اگر کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده عمق کمتر این بخش نسبت به متوسط اقتصاد است.

بنابراین، در این پژوهش، APL پسین مبتنی بر معکوس لئونتیف برای سنجش وابستگی بخش فلزات اساسی به نهاده‌ها و صنایع بالادستی و APL پیشین مبتنی بر معکوس گش برای سنجش انتشار ستانده این بخش در صنایع پایین‌دستی محاسبه شده است.

یافته‌ها و تحلیل نتایج

در این بخش، نتایج محاسبه شاخص طول متوسط انتشار برای بخش فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا ارائه و تحلیل می‌شود. یافته‌ها در دو سطح بررسی شده‌اند: نخست، مقادیر خام شاخص‌های طول متوسط انتشار پسین و پیشین که طول مطلق مسیرهای انتشار را نشان

می‌دهند؛ دوم، مقادیر نرمال‌شده که جایگاه بخش فلزات اساسی را نسبت به میانگین اقتصاد همان کشور مشخص می‌کنند. این تفکیک اهمیت دارد؛ زیرا مقادیر خام، عمق مطلق زنجیره را نشان می‌دهند، اما مقادیر نرمال‌شده امکان مقایسه جایگاه نسبی این بخش را در ساختار تولید سه کشور فراهم می‌کنند.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که شاخص طول متوسط انتشار پسین بخش فلزات اساسی ایران از ۲/۲۰ در سال ۱۳۷۸ به ۲/۸۷ در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. شاخص طول متوسط انتشار پیشین نیز در همین دوره از ۲/۲۱ به ۲/۹۰ رسیده است. این روند بیانگر آن است که بخش فلزات اساسی در ایران طی دوره مورد بررسی، از نظر پیوند با بخش‌های بالادستی و پایین‌دستی عمیق‌تر شده و نقش پررنگ‌تری در شبکه تولید داخلی یافته است. در چین، مقادیر خام طول متوسط انتشار در بیشتر سال‌ها بالاتر از ایران است و این موضوع نشان‌دهنده اتصال گسترده‌تر فلزات اساسی به صنایع پایین‌دستی، زیرساختی و صادراتی است. در آمریکا نیز مقادیر خام طول متوسط انتشار نسبتاً باثبات است که با ساختار صنعتی بالغ و تثبیت‌شده این کشور سازگار است.

با توجه به تفاوت تقویم مورد استفاده در ایران با چین و آمریکا، برای سهولت مقایسه و جلوگیری از طولانی شدن عناوین جدول‌ها، سال‌های مورد بررسی به‌صورت «سال اول» تا «سال پنجم» نمایش داده شده‌اند. در این چارچوب، سال‌های اول تا پنجم برای ایران به‌ترتیب معادل ۱۳۷۸، ۱۳۸۳، ۱۳۸۹، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ و برای چین و آمریکا معادل ۱۹۹۹، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۱ هستند.

جدول ٤. شاخص‌های طول متوسط انتشار خام بخش فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا

کشور/شاخص	سال اول	سال دوم	سال سوم	**سال چهارم**	**سال پنجم**
APL پسین ایران	۲/۲۰	۷۱/۲	۷۱/۲	۲/٦٥	۲/۸۷
APL پیشین ایران	۲/۲۱	۷۱/۲	۷۲/۲	٦٤/۲	۲/۹۰
APL پسین چین	۳/۰۱	۱٥/۳	۲٦/۳	٥۰/۳	۳/۱۹
APL پیشین چین	۳/۰۰	۱٥/۳	۲٥/۳	٥۱/۳	۳/۱۸
APL پسین آمریکا	۲/۸۲	۷٥/۲	۸۱/۲	۷۳/۲	۲/۷٤
APL پیشین آمریکا	۳/۲۰	۳/۱٥	۳/۲٦	۳/۲۲	۳/۱۸

منبع: یافته‌های پژوهش

الگوی مشاهده‌شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که اقتصاد چین در بیشتر سال‌های مورد بررسی، بالاترین مقادیر خام طول متوسط انتشار را در بخش فلزات اساسی داشته است. این وضعیت با نقش گسترده این بخش در صنعتی‌شدن، زیرساخت‌سازی و گسترش صنایع تولیدی چین سازگار است. افزایش شاخص‌ها تا سال ۲۰۱۶ و کاهش نسبی آن‌ها در سال ۲۰۲۱ می‌تواند نشانه تغییر تدریجی ساختار اقتصاد چین و حرکت هم‌زمان سایر بخش‌ها به سمت زنجیره‌های پیچیده‌تر باشد.

در آمریکا، فاصله میان شاخص‌های پسین و پیشین نشان می‌دهد که بخش فلزات اساسی از سمت عرضه و اثرگذاری بر صنایع مصرف‌کننده، جایگاهی مهم دارد. ثبات نسبی مقادیر خام در آمریکا بیانگر آن است که این بخش در یک شبکه صنعتی تثبیت‌شده قرار گرفته و تغییرات آن بیشتر از جنس پایداری ساختاری است تا جهش‌های دوره‌ای. در مقابل، افزایش شاخص‌ها در ایران نشان‌دهنده روندی رو به بهبود است، اما سطح خام شاخص‌ها همچنان نشان می‌دهد که عمق زنجیره تولید فلزات اساسی در ایران در مقایسه با چین محدودتر است.

برای کنترل تفاوت‌های ساختاری و اندازه‌ای میان اقتصادهای مورد مطالعه، شاخص‌های طول متوسط انتشار به‌صورت نرمال‌شده نیز محاسبه شدند. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که شاخص‌های نرمال‌شده ایران در تمام سال‌ها بالاتر از یک بوده‌اند؛ بنابراین، فلزات اساسی در اقتصاد ایران نسبت به میانگین اقتصاد داخلی، جایگاهی عمیق‌تر از بخش معمولی دارد. با این حال، مقایسه تطبیقی نشان می‌دهد که آمریکا در همه سال‌ها بالاترین مقادیر نرمال‌شده را دارد و در بیشتر سال‌های مورد بررسی، چین نیز جایگاهی بالاتر از ایران نشان می‌دهد. با این وجود، در سال پایانی، مقادیر ایران به چین نزدیک شده و در شاخص پیشین حتی اندکی از چین بالاتر قرار گرفته است. این نتیجه نشان می‌دهد که جایگاه شبکه‌ای فلزات اساسی در آمریکا عمیق‌تر و پیچیده‌تر از دو کشور دیگر است.

جدول ۵. مقایسه شاخص‌های طول متوسط انتشار نرمال‌شده در ایران، چین و آمریکا

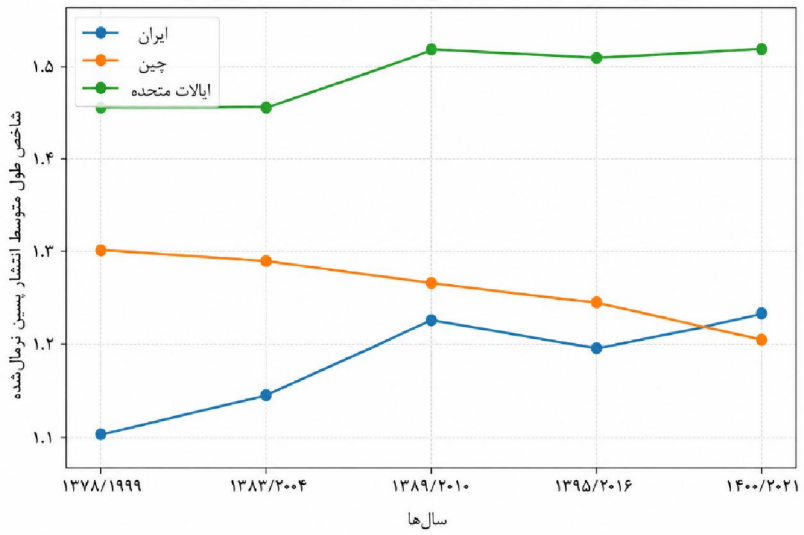
کشور/شاخص	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
APL پسین ایران	۱/۰۹	۱/۱٦	۱/۲۲	۱/۱۸	۱/۲۳
APL پسین چین	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۲۸	۱/۲۷	۱/۲۳
APL پسین آمریکا	۱/٤۲	۱/٤۱	۱/٤۷	۱/٤٦	۱/٤٦
APL پیشین ایران	۱/۱۱	۱/۱٥	۱/۲۳	۱/۲۰	۱/۲٤
APL پیشین چین	۱/۳۰	۱/۲۹	۱/۲۷	۱/۲٥	۱/۲۱
APL پیشین آمریکا	۱/٤٥	۱/٤٥	۱/٥۲	۱/٥۱	۱/٥۲

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۵، یافته‌های محاسباتی با انتظار نظری پژوهش درباره پایین‌تر بودن جایگاه نسبی فلزات اساسی ایران نسبت به آمریکا سازگار است؛ زیرا شاخص‌های نرمال‌شده پسین و پیشین آمریکا در تمام سال‌ها بالاتر از ایران قرار دارد. همچنین مقایسه ایران و چین نشان می‌دهد که در بیشتر دوره مورد بررسی، شاخص‌های نرمال‌شده چین بالاتر از ایران بوده است. با این حال، نزدیک شدن مقادیر ایران به چین در سال پایانی نباید به معنای برابری ساختاری دو اقتصاد تفسیر شود، زیرا تفاوت سطح فناوری، ترکیب صنعتی، نقش واردات واسطه‌ای و میزان ادغام در زنجیره‌های ارزش جهانی همچنان قابل توجه است.

شکل ۱. روند تطبیقی شاخص طول متوسط پسین نرمال‌شده در ایران، چین و آمریکا

شکل ۱. روند مقایسه‌ای شاخص‌های نرمال‌شده طول متوسط انتشار پسین



منبع: یافته‌های پژوهش

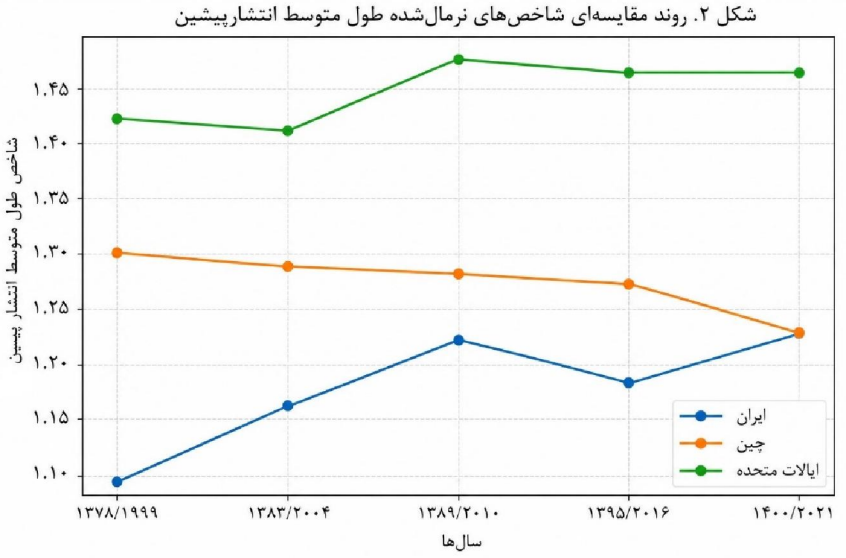
شکل ۱ روند تطبیقی شاخص طول متوسط انتشار پسین نرمال‌شده را در ایران، چین و آمریکا نشان می‌دهد. از آنجا که APL پسین بر پایه معکوس لئونتیف محاسبه می‌شود، این شاخص بیانگر وابستگی تولید بخش فلزات اساسی به نهاده‌ها، خدمات و صنایع بالادستی است. بر اساس این شکل، آمریکا در تمام سال‌های مورد بررسی بالاترین مقدار شاخص را داشته است. این وضعیت نشان می‌دهد که تولید فلزات اساسی در آمریکا، نسبت به میانگین اقتصاد این کشور، به شبکه‌ای عمیق‌تر و چندمرحله‌ای‌تر از تأمین‌کنندگان، خدمات صنعتی، انرژی، حمل‌ونقل و فعالیت‌های پشتیبان وابسته است.

در چین، شاخص طول متوسط انتشار پسین نرمال‌شده در همه سال‌ها بالاتر از یک بوده، اما روندی اندکی کاهشی داشته است. این کاهش به معنای تضعیف مطلق بخش فلزات اساسی نیست، بلکه نشان می‌دهد هم‌زمان با توسعه سایر بخش‌های اقتصاد چین، میانگین عمق زنجیره در کل اقتصاد افزایش یافته و جایگاه نسبی فلزات اساسی کمی تعدیل شده است. با این حال، باقی ماندن شاخص بالاتر از یک نشان می‌دهد این بخش همچنان در ساختار تولید چین جایگاهی مهم و بالاتر از متوسط اقتصاد دارد.

در ایران، افزایش شاخص طول متوسط انتشار پسین نرمال‌شده از ۱.۰۹ به ۱.۲۳ نشان‌دهنده عمیق‌تر شدن نسبی زنجیره تأمین داخلی بخش فلزات اساسی است. به بیان دیگر، تولید این

بخش در اقتصاد ایران طی دوره مورد بررسی، نسبت به میانگین اقتصاد، به طیف گسترده‌تری از نهاده‌ها و فعالیت‌های بالادستی متصل شده است. با این حال، فاصله ایران با آمریکا نشان می‌دهد که زنجیره تأمین داخلی فلزات اساسی در ایران هنوز از نظر تنوع نهاده‌ها، خدمات صنعتی، فناوری و فعالیت‌های پشتیبان به سطح اقتصادهای صنعتی پیشرفته نرسیده است.

شکل ۲. روند تطبیقی شاخص طول متوسط انتشار پیشین نرمال‌شده در ایران، چین و آمریکا



منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲ روند تطبیقی شاخص طول متوسط انتشار پیشین نرمال‌شده را در ایران، چین و آمریکا نشان می‌دهد. از آنجا که APL پیشین بر پایه معکوس گش محاسبه می‌شود، این شاخص بیانگر نحوه انتشار ستانده بخش فلزات اساسی در صنایع پایین‌دستی و بخش‌های مصرف‌کننده است. نتایج نشان می‌دهد که آمریکا در تمام سال‌ها بالاترین مقدار شاخص را داشته است. این وضعیت بیانگر آن است که محصولات فلزات اساسی در آمریکا، نسبت به میانگین اقتصاد این کشور، در زنجیره‌ای گسترده‌تر و پیچیده‌تر از صنایع مصرف‌کننده مانند ماشین‌آلات، تجهیزات صنعتی، حمل‌ونقل، انرژی، صنایع دفاعی، زیرساخت و خدمات تولیدمحور منتشر می‌شود.

در چین، شاخص طول متوسط انتشار پیشین نرمال‌شده از ۱/۳۰ به ۱/۲۱ کاهش یافته است. این کاهش نسبی را باید در چارچوب تحول ساختار اقتصاد چین تفسیر کرد. در سال‌های نخست، فلزات اساسی یکی از محورهای اصلی صنعتی‌شدن و زیرساخت‌سازی چین بوده است، اما در سال‌های بعد، با رشد سایر صنایع پیشرفته و خدمات صنعتی، جایگاه نسبی این بخش نسبت به میانگین اقتصاد کمی کاهش یافته است. با این حال، بالاتر بودن مقدار شاخص از یک نشان می‌دهد که فلزات اساسی همچنان از نظر پیوندهای پیشین در اقتصاد چین اهمیت بالایی دارد.

در ایران، افزایش شاخص طول متوسط انتشار پیشین نرمال‌شده از ۱.۱۱ به ۱.۲۴ نشان‌دهنده تقویت نسبی انتشار ستانده بخش فلزات اساسی در صنایع پایین‌دستی داخلی است. این نتیجه بیان می‌کند که محصولات فلزات اساسی در اقتصاد ایران، نسبت به گذشته، در زنجیره گسترده‌تری از فعالیت‌های مصرف‌کننده به کار گرفته شده‌اند. با این حال، این افزایش نباید به معنای برتری ساختاری ایران نسبت به چین تفسیر شود؛ زیرا کیفیت و فناوری صنایع پایین‌دستی، سهم محصولات پیچیده‌تر و میزان اتصال به بازارهای جهانی همچنان در تفسیر نتایج اهمیت دارد.

در مجموع، ترکیب نتایج جداول و اشکال نشان می‌دهد که بخش فلزات اساسی در ایران طی دوره مورد بررسی از نظر پیوندهای پیشین و پسین تقویت شده است، اما این تقویت بیشتر بیانگر بهبود نسبی در درون اقتصاد ایران است و هنوز به معنای دستیابی به سطح پیچیدگی مشاهده‌شده در اقتصادهای صنعتی‌تر نیست. آمریکا از نظر شاخص‌های نرمال‌شده، ساختاری عمیق‌تر و پایدارتر دارد و چین نیز در بیشتر سال‌ها جایگاهی بالاتر از ایران داشته است. بنابراین، فاصله ایران با دو کشور مورد مقایسه، بیش از آنکه به حجم تولید مربوط باشد، به کیفیت اتصال این بخش به صنایع پایین‌دستی، خدمات صنعتی، فناوری، ماشین‌آلات و شبکه‌های تولید پیچیده بازمی‌گردد.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری در بخش فلزات اساسی ایران نباید صرفاً بر افزایش ظرفیت تولید خام یا نیمه‌خام متمرکز باشد. مسیر اصلی ارتقا، توسعه حلقه‌های تکمیلی زنجیره، تقویت صنایع مصرف‌کننده فلزات، افزایش پیوند با ماشین‌سازی و تجهیزات صنعتی و ارتقای فناوری فرآوری است. از این منظر، شاخص طول متوسط انتشار نشان

می‌دهد که مسئله اصلی ایران نه نبود ظرفیت معدنی، بلکه ناکافی بودن عمق و کیفیت پیوندهای تولیدی است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

نتایج پژوهش نشان داد که بخش فلزات اساسی در هر سه کشور ایران، چین و آمریکا نسبت به میانگین اقتصاد از جایگاه مهمی برخوردار است، اما عمق و کیفیت این جایگاه یکسان نیست. در ایران، شاخص‌های طول متوسط انتشار پیشین و پسین طی دوره مورد بررسی روندی افزایشی داشته‌اند و این امر نشان می‌دهد که بخش فلزات اساسی در شبکه تولید داخلی نقش پررنگ‌تری یافته است. با این حال، مقایسه تطبیقی بیانگر آن است که این بخش در ایران هنوز از نظر عمق زنجیره، تنوع پیوندهای پایین‌دستی و میزان اتصال به صنایع پیچیده، با چین و به‌ویژه آمریکا فاصله دارد.

در آمریکا، شاخص‌های نرمال‌شده نشان دادند که فلزات اساسی نسبت به میانگین اقتصاد، جایگاهی بسیار عمیق‌تر و راهبردی‌تر دارد. این وضعیت بیانگر اتصال این بخش به صنایع پیشرفته، سرمایه‌بر و فناوری‌محور است. در چین نیز فلزات اساسی در بیشتر دوره مورد بررسی جایگاهی بالاتر از ایران داشته است. هرچند کاهش نسبی شاخص‌های نرمال‌شده چین در سال‌های پایانی مشاهده می‌شود، اما این کاهش بیشتر ناشی از پیچیده‌تر شدن سایر بخش‌های اقتصاد چین است و نه تضعیف مطلق بخش فلزات اساسی.

بر اساس نتایج محاسباتی، شواهد پژوهش با انتظار نظری مبنی بر پایین‌تر بودن جایگاه نسبی فلزات اساسی ایران نسبت به آمریکا و در بیشتر سال‌ها نسبت به چین سازگار است. شاخص‌های نرمال‌شده آمریکا در کل دوره بالاتر از ایران قرار داشته و چین نیز در بیشتر مقاطع زمانی جایگاهی بالاتر از ایران نشان داده است. با این حال، نزدیک شدن برخی مقادیر ایران به چین در سال پایانی، بیش از آنکه نشانه برابری ساختاری دو اقتصاد باشد، باید به‌عنوان بهبود نسبی جایگاه داخلی بخش فلزات اساسی ایران تفسیر شود.

نتیجه اصلی پژوهش آن است که مسئله بخش فلزات اساسی در ایران، کمبود ظرفیت معدنی یا تولید اولیه نیست، بلکه ضعف در تکمیل زنجیره، محدود بودن صنایع پایین‌دستی و نبود پیوند کافی با فعالیت‌های فناوری‌محور و دارای ارزش افزوده بالا است. بنابراین، افزایش تولید خام یا نیمه‌خام به‌تنهایی نمی‌تواند جایگاه ایران را در زنجیره فلزات اساسی

ارتقا دهد. مسیر اصلی ارتقا، تعمیق زنجیره تولید، توسعه صنایع مصرف‌کننده فلزات، تقویت پیوندهای پیشین و پسین و حرکت از مزیت معدنی به مزیت زنجیره‌ای است.

یافته‌های پژوهش همچنین نشان می‌دهد که تفاوت اصلی میان ایران و اقتصادهای صنعتی‌تر، نه صرفاً در حجم تولید فلزات اساسی، بلکه در میزان اتصال این بخش به شبکه گسترده صنایع مکمل و خدمات صنعتی است. در اقتصادهایی مانند آمریکا، تولید فلزات اساسی در تعامل نزدیک با بخش‌هایی نظیر ماشین‌سازی، تجهیزات صنعتی، فناوری، خدمات مهندسی و صنایع پیشرفته قرار دارد؛ در حالی که در ایران بخش مهمی از تولید همچنان در حلقه‌های اولیه زنجیره باقی مانده است. این موضوع سبب می‌شود بخش قابل توجهی از ظرفیت ایجاد ارزش افزوده و اشتغال صنعتی بالفعل نشود.

از منظر توسعه صنعتی، نتایج پژوهش تأکید می‌کند که سیاست‌های مبتنی بر افزایش ظرفیت تولید خام، بدون توسعه هم‌زمان صنایع پایین‌دستی و فناوری‌محور، نمی‌تواند به ارتقای جایگاه صنعتی کشور منجر شود. تعمیق زنجیره تولید فلزات اساسی مستلزم ایجاد پیوند میان بخش معدن، صنایع فلزی، ماشین‌سازی، خدمات صنعتی، حمل‌ونقل، فناوری و صادرات صنعتی است. در واقع، توسعه پایدار این بخش زمانی تحقق می‌یابد که فلزات اساسی از یک فعالیت صرفاً معدنی و موادمحور، به بخشی شبکه‌ای، فناورانه و دارای ارزش افزوده بالا تبدیل شود.

از منظر سیاستی، توسعه زنجیره فلزات اساسی باید به‌صورت تفکیکی و زنجیره‌محور دنبال شود. در زنجیره فولاد، توسعه محصولات تخت، فولادهای آلیاژی، ورق‌های خاص خودرو، ریل، لوله‌های صنعتی و قطعات ماشین‌آلات می‌تواند پیوندهای پایین‌دستی را تقویت کند. در زنجیره مس، توسعه کابل، تجهیزات انتقال برق، قطعات الکترونیکی و تجهیزات مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر اهمیت دارد. در زنجیره آلومینیوم نیز توسعه قطعات حمل‌ونقل، صنایع خودرویی، بسته‌بندی صنعتی، تجهیزات سبک و محصولات ساختمانی پیشرفته می‌تواند ارزش افزوده بیشتری ایجاد کند. در کنار این موارد، تقویت ماشین‌سازی، تجهیزات معدنی، خدمات مهندسی، لجستیک صنعتی، استانداردسازی و تحقیق و توسعه برای تعمیق واقعی زنجیره ضروری است.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز مواجه بوده است. نخست، جداول داده‌ستانده ایران، چین و آمریکا از نظر سطح تفصیل، طبقه‌بندی بخشی و روش تهیه کاملاً یکسان نیستند؛

بنابراین، همسان‌سازی بخش فلزات اساسی بر پایه نزدیک‌ترین بخش متناظر انجام شده و نتایج باید با احتیاط تفسیر شوند. دوم، جداول ایران در سال‌های مختلف از نظر سطح تفصیل و روش تهیه یکسان نیستند و بخشی از تغییرات مشاهده‌شده ممکن است از تفاوت‌های آماری یا طبقه‌بندی ناشی شود. سوم، شاخص طول متوسط انتشار، طول مسیرهای تولیدی را نشان می‌دهد، اما به‌تنهایی بیانگر کیفیت فناوری، بهره‌وری، ارزش افزوده یا رقابت‌پذیری صادراتی نیست. چهارم، چون محاسبات بر پایه جداول داخلی‌شده انجام شده است، نتایج پژوهش جایگاه کشورها در زنجیره ارزش جهانی و نقش واردات واسطه‌ای را مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌کند. برای پژوهش‌های آینده، پیشنهاد می‌شود زنجیره فلزات اساسی به تفکیک فولاد، مس، آلومینیوم، سرب و روی بررسی شود و شاخص طول متوسط انتشار با شاخص‌هایی مانند پیچیدگی اقتصادی، بهره‌وری و ارزش افزوده صادراتی ترکیب گردد.

در مجموع، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که فلزات اساسی در اقتصاد ایران بخشی مهم و رو به تقویت است، اما هنوز به سطح عمق و پیچیدگی مشاهده‌شده در اقتصادهای صنعتی نرسیده است. بنابراین، راهبرد اصلی برای ارتقای این بخش، عبور از رویکرد «افزایش تولید» و حرکت به سمت «تعمیق زنجیره تولید» است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که این پژوهش بدون هرگونه تعارض منافع مالی، سازمانی یا شخصی انجام شده است و تمامی مراحل پژوهش، تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله به‌صورت مستقل صورت گرفته است.

سپاسگزاری

نویسندگان از راهنمایی‌ها و حمایت‌های علمی استادان محترم راهنما و مشاور و همچنین از نهادها و مراکزی که داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این پژوهش را در دسترس قرار داده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌کنند. همچنین از تمامی پژوهشگران و صاحب‌نظرانی که آثار و مطالعات آنان در تدوین چارچوب نظری و روش‌شناسی پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، سپاسگزاری می‌شود.

ORCID

منابع

آداب، م. (۱۳۹۹). زنجیره ارزش صنعت فولاد ایران طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵: تحلیل جریان مواد و عدم‌توازن حلقه‌های زنجیره. گزارش پژوهشی.

آزادی‌نژاد، ع.، عصاری‌آرانی، ع.، جهانگرد، ا.، و ناصری، ع. (۱۳۹۱). ساخت نخستین جدول ضرایب فنی شهرستانی در ایران: مطالعه موردی شهرستان نفت. فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۳۱، ۱۱۱–۱۳۴.

بانوئی، ع. ا. (۱۳۹۱). ارزیابی شقوق مختلف نحوه منظور کردن واردات و روش‌های تفکیک آن با تأکید بر جدول متقارن سال ۱۳۸۰. سیاست‌گذاری اقتصادی، ۴(۸)، ۳۱–۷۴.

بانوئی، ع. ا. (۱۳۹۳). به‌هنگام‌سازی جدول داده–ستانده سالانه برای اقتصاد ایران به قیمت‌های جاری و ثابت. تهران: مجمع تشخیص مصلحت نظام.

بانوئی، ع. ا.، شرکت، ا.، بزازان، ف.، شاه‌حسینی، س.، و کیانی‌راد، آ. (۱۴۰۱). مقایسه خطاهای آماری جداول داده‌ستانده نوع دوم و نوع سوم و نسبت آن‌ها با ارزش افزوده در صادرات ناخالص. پژوهشنامه اقتصادی، ۲۲(۸۷)، ۷۷–۱۰۸. https://doi.org/10.22054/joer.2023.74255.1136

بانوئی، ع. ا.، و صادقی، ن. (۱۴۰۲). نظام آماری حسابداری بخشی: آسیب‌شناسی تهیه جداول داده–ستانده طی نیم قرن گذشته ایران. تهران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

بانوئی، ع. ا.، و فهیمی، ب. (۱۴۰۰). به‌کارگیری متوسط فاصله انتشار در شناسایی زنجیره‌های تولید و نسبت آن با ارزش‌افزوده داخلی در صادرات ناخالص و تخصص‌گرایی عمودی؛ مطالعه موردی اقتصاد ایران. تحقیقات اقتصادی، ۵۶(۱)، ۲۵–۵۸.

توفیق، ف. (۱۳۷۱). تحلیل داده–ستانده در ایران و کاربردهای آن در سنجش، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی. تهران: انتشارات جامعه و اقتصاد.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۴۰۰). جداول داده ـ ستانده اقتصاد ایران در سال ۱۴۰۰. تهران: بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

جهانگرد، ا.، و آزادی‌خواه جهرمی، ا. (۱۳۹۲). شناسایی زنجیره‌های تولیدی در ایران با استفاده از شاخص میانگین طول انتشار APL. پژوهشنامه اقتصادی، ۱۳(۵۱)، ۸۱–۱۱۱.

جهانگرد، ا.، و جهانگرد، ع. (۱۴۰۴). تجزیه ارزش افزوده صادرات ناخالص ایران: یک تحلیل مقایسه‌ای با تمرکز بر کشورهای عضو بریکس و پیمان شانگهای. پژوهشنامه اقتصادی، ۲۵(۹۶)، ۱۸۳–۲۲۶. https://doi.org/10.22054/joer.2026.87171.1287

جهانگرد، ا.، فریدزاد، ع.، کاکایی، ج.، ساجدیان‌فرد، ن.، و شکری، ا. (۱۴۰۱). درج جدول داده–ستانده ایران در جدول داده–ستانده بین‌کشوری. مدل‌سازی اقتصادسنجی، ۷(۴)، ۶۵–۹۲.

خان‌زاده، م.، مریدی فریمانی، ف.، داودی، پ.، و صمصامی، ح. (۱۴۰۲). شناسایی زنجیره‌های تولید در محیط داخلی ایران و بررسی عملکرد تجارت خارجی اقتصاد ایران در آن زنجیره‌ها. نظریه‌های کاربردی اقتصاد، ۱۰(۴)، ۱–۳۲.

خان‌زاده، م.، مریدی فریمانی، ف.، داودی، پ.، و صمصامی، ح. (۱۴۰۳). بررسی تغییرات زنجیره‌های تولیدی در ایران با استفاده از شاخص میانگین فاصله انتشار APL. سیاست‌گذاری اقتصادی، ۱۶(۳۱)، ۳۴۵–۳۹۵.

صادقی، ن. (۱۳۹۴). ماهیت بخش‌های اقتصاد ایران: مروری بر روش‌های شناسایی بخش‌های کلیدی. تهران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

صادقی‌شاهدانی، م. (۱۳۹۴). مدل‌سازی داده–ستانده. تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق.

قازاریان، ا.، بانویی، ع. ا.، و مؤمنی، ف. (۱۴۰۳). شناسایی محیط درونی و بیرونی زنجیره‌های تولید و نسبت آن‌ها با مسئله خام‌فروشی. تحلیل‌های اقتصادی توسعه ایران، ۱۰(۱)، ۵۱–۷۲.

مبصر، د.، شفیعی، ا.، و اسمعیلی‌پور، ا. (۱۳۹۹). ساختار صنعتی ایران در آینه برنامه‌های توسعه‌ای. تهران: مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

وطن‌خواه، م.، بانوئی، ع. ا.، و مهاجری، پ. (۱۴۰۳). محاسبه شاخص پیچیدگی محیط درونی زنجیره‌های تولید در اقتصاد ایران؛ کاربردی از جداول داده‌ستانده متقارن محصول در محصول. فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۸(۲۹)، ۶۰–۸۰. https://doi.org/10.30473/jier.2025.74051.1492

References

Adab, M. (2020). *The value chain of Iran's steel industry during 2014–2016: Material flow analysis and imbalance of chain links*. Research report. [In Persian]

Asian Development Bank. (2025). Regional input-output tables. Asian Development Bank.

Azadinejad, A., Assari Arani, A., Jahangard, E., & Naseri, A. (2012). Construction of the first county-level technical coefficients table in Iran: The case of Naft County. *Journal of Applied Economic Studies in Iran*, *31*, 111–134. [In Persian]

Banouei, A. A. (2012). Evaluation of different methods for treating imports and their separation with emphasis on the 2001 symmetric table. *Economic Policy*, *4*(8), 31–74. [In Persian]

Banouei, A. A. (2014). *Annual updating of input–output tables for Iran's economy at current and constant prices*. Tehran: Expediency Discernment Council. [In Persian]

Banouei, A. A., & Fahimi, B. (2021). Application of average propagation length in identifying production chains and its relationship with domestic value added in gross exports and vertical specialization: The case of Iran's economy. *Economic Research*, *56*(1), 25–58. [In Persian]

Banouei, A. A., & Sadeghi, N. (2023). *Sectoral accounting statistical system: A critical assessment of preparing input–output tables in Iran over the past half century*. Tehran: Islamic Parliament Research Center. [In Persian]

Banouei, A. A., Sherkat, A., Bazzazan, F., Shahhosseini, S., & Kiani Rad, A. (2022). Comparative analysis of statistical errors between second and third types of input–output tables and their correlation with value-added in gross exports. *Journal of Economic Research*, *22*(87), 77–108. https://doi.org/10.22054/joer.2023.74255.1136 [In Persian]

Central Bank of the Islamic Republic of Iran. (2021). Input–output tables of Iran's economy in 1400. Tehran: Central Bank of the Islamic Republic of Iran. [In Persian]

Dietzenbacher, E., & Romero, I. (2007). Production chains in an interregional framework: Identification by means of average propagation lengths. *International Regional Science Review*, *30*(4), 362–383. https://doi.org/10.1177/0160017607305366

Ghazarian, A., Banouei, A. A., & Momeni, F. (2024). Identification of internal and external environments of production chains and their relationship with raw-material exports. *Economic Analysis of Iran's Development*, *10*(1), 51–72. [In Persian]

Ghosh, A. (1958). Input–output approach in an allocation system. *Economica*, *25*(97), 58–64.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Chung, S., Jimenez, J., Simoes, A., & Yildirim, M. A. (2011). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Harvard University Press.

Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.

Jahangard, E., & Azadikhah Jahromi, E. (2013). Identification of production chains in Iran using the Average Propagation Length index. *Journal of Economic Research*, *13*(51), 81–111. [In Persian]

Jahangard, E., & Jahangard, A. (2025). Decomposition of value-added in Iran's gross exports: A comparative analysis focusing on BRICS and Shanghai Cooperation Organization countries. *Journal of Economic Research*, *25*(96), 183–226. https://doi.org/10.22054/joer.2026.87171.1287 [In Persian]

Jahangard, E., Faridzad, A., Kakaei, J., Sajedian-Fard, N., & Shokri, E. (2022). Incorporating Iran's input–output table into the inter-country input–output table. *Econometric Modeling*, *7*(4), 65–92. [In Persian]

Khanzadeh, M., Moridi Farimani, F., Davoudi, P., & Samsami, H. (2023). Identification of production chains in Iran's domestic environment and examination of foreign trade performance in those chains. *Applied Theories of Economics*, *10*(4), 1–32. [In Persian]

Khanzadeh, M., Moridi Farimani, F., Davoudi, P., & Samsami, H. (2024). Investigating changes in production chains in Iran using the Average Propagation Length index. *Economic Policy*, *16*(31), 345–395. [In Persian]

Leontief, W. (1986). *Input–output economics* (2nd ed.). Oxford University Press.

Mobsar, D., Shafiei, A., & Esmaeilipour, A. (2020). *Iran's industrial structure in the mirror of development plans: The effects of industrial, trade, and technology policies on industrial activities*. Tehran: Institute for Trade Studies and Research. [In Persian]

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2022). *Input–output analysis: Foundations and extensions* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Miller, R. E., & Temurshoev, U. (2017). Output upstreamness and input downstreamness of industries/countries in world production. *International Regional Science Review*, *40*(5), 443–475. https://doi.org/10.1177/0160017615608095

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025). OECD Inter-Country Input-Output (ICIO) tables. OECD.

Oosterhaven, J., & Bouwmeester, M. C. (2013). The average propagation length: Conflicting macro, intra-industry, and interindustry conclusions. *International Regional Science Review*, *36*(4), 481–491. https://doi.org/10.1177/0160017613486670

Romero, I., Dietzenbacher, E., & Hewings, G. J. D. (2009). Fragmentation and complexity: Analyzing structural change in the Chicago regional economy. *Revista de Economía Mundial*, *23*, 263–282.

Sadeghi, N. (2015). *The nature of sectors in Iran's economy: A review of methods for identifying key sectors*. Tehran: Islamic Parliament Research Center. [In Persian]

Sadeghi-Shahedani, M. (2015). *Input–output modeling*. Tehran: Imam Sadiq University Press. [In Persian]

Timmer, M. P., Erumban, A. A., Los, B., Stehrer, R., & de Vries, G. J. (2014). Slicing up global value chains. *Journal of Economic Perspectives*, *28*(2), 99–118. https://doi.org/10.1257/jep.28.2.99

Toufiq, F. (1992). *Input–output analysis in Iran and its applications in measurement, forecasting, and planning*. Tehran: Jame'e va Eqtesad Publications. [In Persian]

U.S. Geological Survey. (2025). *Mineral commodity summaries 2025*. U.S. Department of the Interior. https://doi.org/10.3133/mcs2025

Vatankhah, M., Banouei, A. A., & Mohajeri, P. (2024). Measuring the internal environment complexity index of production chains in Iran: An application of symmetric product-by-product input–output tables. Journal of Industrial Economics Research, 8(29), 60–80. https://doi.org/10.30473/jier.2025.74051.1492 [In Persian]

Yeung, H. W.-C., & Coe, N. M. (2015). Toward a dynamic theory of global production networks. *Economic Geography*, *91*(1), 29–58. https://doi.org/10.1111/ecge.12063

استناد به این مقاله: (۱۴۰۵). تحلیل تطبیقی زنجیره تولید فلزات اساسی در ایران، چین و آمریکا با استفاده از شاخص .APL *پژوهش‌های اقتصادی*، [شماره دوره](شماره نشریه)، ص [صفحه آغاز]-[صفحه پایان].

Name of Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.