

بررسی رابطه متقابل بین تولیدات صنعت مس و شاخص های کلان اقتصادی (رویکرد سیستم معادلات همزمان)

حسین نوری*، علی سلمان پور**، سیما اسکندری سیزی***، مهدی مرادی****

*گروه اقتصاد، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

Email: hosein.nori@iau.ac.ir

**گروه اقتصاد، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران. (نویسنده ی مسئول)

Email: ali_salmanpour@iau.ac.ir

*** گروه اقتصاد، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

Email: si.eskandari@iau.ac.ir

**** گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

Email: Moradi@pnu.ac.ir

چکیده

صنعت مس به عنوان یکی از بخش های استراتژیک اقتصاد معدنی ایران، پتانسیل قابل توجهی در جهت تحقق اهداف توسعه ای و کاهش وابستگی به درآمدهای نفتی دارد. با این حال، ماهیت رابطه متقابل میان تولیدات این صنعت و شاخص های کلان اقتصادی آیا صنعت مس به عنوان موتور محرکه رشد عمل می کند یا صرفاً بازتابی از شرایط کلان است همچنان مبهم باقی مانده است. این پژوهش با به کارگیری روش سیستم معادلات همزمان و داده های سالانه دوره ۱۳۷۵-۱۴۰۱، رابطه درون زای میان تولید مس و متغیرهایی چون رشد اقتصادی، نرخ ارز واقعی، سرمایه گذاری، قیمت جهانی مس و سایر شاخص های کلان را بررسی می کند. یافته ها نشان می دهد که این رابطه دوطرفه اما نامتقارن است: تولید مس به طور معنادار تحت تأثیر رشد اقتصادی (کشش ۶۸۹/۱)، نرخ ارز واقعی (تأثیر منفی) و قیمت جهانی مس قرار دارد، در حالی که اثر آن بر رشد اقتصادی مثبت اما محدود (کشش ۳۵۲/۰) است. همچنین، نقش صنعت مس در تقویت صادرات غیرنفتی تأیید شد. نتایج حاکی از آن است که علی رغم پتانسیل موتور رشد بودن، این صنعت در شرایط ناپایداری کلان، بیشتر به عنوان یک متغیر واکنشی عمل کرده است. این یافته ها بر ضرورت تثبیت شاخص های کلان اقتصادی، توسعه زنجیره ارزش پایین دستی و سیاست گذاری هدفمند در بخش معدن تأکید دارند تا پتانسیل کامل این صنعت به عنوان محرکی برای رشد پایدار و غیرنفتی محقق شود.

کلیدواژه ها: صنعت مس، اقتصاد کلان، سیستم معادلات همزمان، رشد اقتصادی، بیماری هلندی، ایران

An Empirical Analysis of the Interrelationship between Copper Industry Output and Macroeconomic Indicators: A Simultaneous Equations System Approach

Abstract

The copper industry, as a strategic pillar of Iran's mineral economy, holds significant potential for achieving national development goals and reducing oil dependency. However, the nature of its interaction with macroeconomic indicators—whether copper production acts as an engine of growth or merely reflects broader economic conditions—remains ambiguous. This study employs a simultaneous equations system approach using annual data from ۱۹۹۶ to ۲۰۲۲ (۱۳۷۵–۱۴۰۱ in the Iranian calendar) to examine the endogenous relationship between copper output and key macroeconomic variables, including GDP growth, real effective exchange rate, domestic investment, global copper prices, and other relevant indicators. The findings reveal a significant but asymmetric bidirectional relationship: copper production is highly responsive to macroeconomic conditions—particularly GDP growth (elasticity = ۱,۶۸۹), real exchange rate (negative impact), and global copper prices—while its positive effect on GDP growth is statistically significant but comparatively modest (elasticity = 0.352). Moreover, the role of the copper industry in boosting non-oil exports is confirmed. The results suggest that despite its inherent potential as a growth engine, the copper sector has largely functioned as a reactive component under macroeconomic instability. These insights underscore the need for macroeconomic stabilization, downstream value chain development, and strategic policy interventions in the mining sector to fully realize copper's capacity as a driver of sustainable, non-oil economic growth.

Keywords: Copper industry, Macroeconomic indicators, Simultaneous equations system, Economic growth, Dutch disease, Iran

بیان مسئله

صنعت مس، به عنوان یکی از ستون‌های استراتژیک اقتصاد معدنی جهان، در کانون تحولات صنعتی و فناورانه قرن بیست‌ویکم قرار گرفته است. با گذار جهانی به سمت انرژی‌های پاک و الکترونیک‌شدن فزاینده زندگی و صنعت، تقاضا برای این فلز سرخ به عنوان ماده‌ای حیاتی و غیرقابل جایگزین، ابعادی بی‌سابقه یافته است؛ به گونه‌ای که نهادهای بین‌المللی مانند بانک جهانی، مس را "فلز انتقال انرژی" نامیده‌اند و پیش‌بینی می‌کنند تقاضای جهانی آن تا سال ۲۰۵۰ ممکن است تا دو برابر افزایش یابد. این جایگاه جهانی، فرصتی تاریخی و در عین حال چالشی پیچیده برای کشورهای دارنده ذخایر، مانند ایران، ایجاد کرده است. ایران با در اختیار داشتن حدود ۴ درصد از ذخایر مس جهان و قرارگیری در

کمر بند معدنی مهم، دارای پتانسیلی انکارناپذیر برای تبدیل این مزیت زمین‌شناسی به محرکی برای توسعه اقتصادی است. با این حال، علیرغم تأکید اسناد بالادستی مانند سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و قانون برنامه ششم توسعه بر توسعه بخش معدن و صنایع معدنی به عنوان موتور محرکه رشد غیرنفتی، ابهام اساسی در مورد ماهیت واقعی، قدرت و جهت رابطه بین تولیدات این صنعت و شاخص‌های کلان اقتصادی کشور به قوت خود باقی است. این ابهام مانع از تدوین راهبردهای مؤثر و هدفمند برای بهره‌برداری حداکثری از این سرمایه ملی شده است. آیا گسترش تولید مس، پیش‌ران مستقیم و قدرتمندی برای رشد تولید ناخالص داخلی، ایجاد اشتغال و بهبود تراز تجاری است، یا اینکه صرفاً بازتابی منفعلانه و وابسته به نوسانات و وضعیت سایر بخش‌های اقتصاد کلان است؟

پژوهش‌های متعددی در سطح جهانی به بررسی اثرات بخش معدن بر اقتصاد کلان، معروف به «رابطه موتور محرکگی»، پرداخته‌اند. برای مثال، مطالعاتی مانند پژوهش‌های "ساجز و وارنر" در دهه ۲۰۰۰ میلادی، هشدارهایی در مورد "نفرتین منابع" و وابستگی اقتصادها به صادرات مواد خام ارائه کردند. اما مطالعات جدیدتر، از جمله کارهای "لدرمن و مالونی" (۲۰۱۸) و گزارش‌های "مؤسسه توسعه بین‌المللی استرالیا"، نشان می‌دهند که این رابطه لزوماً منفی نیست و با سیاست‌گذاری هوشمند (مانند توسعه زنجیره ارزش، ثبات نهادی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه) می‌توان از بخش معدن به عنوان موتور رشد و تحول ساختاری استفاده کرد. آن‌ها استدلال می‌کنند که صنایعی مانند مس، به دلیل پیوندهای گسترده پسین و پیشین، ظرفیت ایجاد خوشه‌های صنعتی و جذب فناوری‌های پیشرفته را دارند. در سطح ملی نیز مطالعاتی همچون تحقیق "فلاحی و همکاران (۱۴۰۰)" که با استفاده از مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه به بررسی اثرات توسعه معدن در ایران پرداختند، نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری در بخش معدن می‌تواند اثرات سرریز مثبتی بر سایر بخش‌ها داشته باشد. با این وجود، اغلب مطالعات داخلی موجود، یا بر بررسی ظرفیت‌های بالقوه معدنی متمرکزند یا با رویکردی تک‌بعدی و ایستا، تنها یک سوی رابطه (معمولاً تأثیر شاخص‌های کلان بر تولید مس) را بررسی کرده‌اند. برای نمونه، مطالعه "نصیری‌ا قدم و رنجبر (۱۳۹۹)" رابطه بلندمدت بین قیمت مس و شاخص‌های بازار سرمایه ایران را تحلیل کردند، اما به تأثیر تولید بر اقتصاد کلان نپرداختند. این شکاف پژوهشی آشکار است: فقدان مطالعه‌ای جامع که با در نظرگیری رابطه متقابل پویا و استفاده از روش‌های اقتصادسنجی پیشرفته (مانند مدل‌های VAR، VECM، یا علیت گرنجری (به طور همزمان بررسی کند که چگونه تولید مس و متغیرهای کلانی مانند رشد اقتصادی، نرخ ارز حقیقی، سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص داخلی و صادرات غیرنفتی بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و در طول زمان بر هم کنش دارند.

اهمیت پاسخ به این سؤال، زمانی دوچندان می‌شود که وضعیت کنونی اقتصاد ایران را در نظر بگیریم. اقتصاد کشور با چالش‌های ساختاری مانند اتکای به درآمدهای نفتی ناپایدار، نوسانات شدید نرخ ارز، محدودیت‌های سرمایه‌گذاری و هدفگذاری برای افزایش سهم صادرات غیرنفتی مواجه است. در این شرایط، صنعت مس می‌تواند نقشی محوری ایفا کند. اما آیا سیاست‌های فعلی (مانند تأکید بر فروش محصولات اولیه مانند کاتد) به تحقق این نقش کمک می‌کند؟

شواهد اولیه حاکی از آن است که علی‌رغم افزایش کمی تولید، سهم ارزش افزوده این صنعت در اقتصاد و اثرات اشتغال‌زایی گسترده آن چنان که انتظار می‌رفت محقق نشده است. این امر ممکن است ناشی از ضعف در توسعه صنایع پایین‌دستی با ارزش افزوده بالا (مانند صنایع کابل‌سازی پیشرفته، لوله‌های خاص و محصولات صنعتی مسی)، نوسانات سیاست‌گذاری در عرصه قیمت‌گذاری و صادرات، و همچنین تأثیرپذیری شدید از متغیرهای کلان بی‌ثبات (مانند نرخ ارز و تورم) باشد. بنابراین، مسئله اساسی این است: در یک اقتصاد در حال گذار با شرایط پرنوسان، کدامیک از این دو جزء بر دیگری غالب است: آیا تولید مس تابعی واکنشی از تحولات اقتصاد کلان است، یا آن‌چنان قدرت تحرک بخشی دارد که بتواند خود به عنوان یک متغیر سیاستی مؤثر، به ثبات بخشی و رشد اقتصادی کمک کند؟ پاسخ به این پرسش نیازمند رویکردی اقتصادسنجی است که بتواند ذات همزمان و درون‌زا بودن این روابط را به رسمیت بشناسد. روش‌های مرسوم تک معادله‌ای (مانند رگرسیون سری‌زمانی ساده) با فرض برون‌زا بودن متغیرهای توضیحی، در اینجا دچار تورش همزمانی^۱ خواهند شد و نتایج گمراه‌کننده‌ای ارائه می‌دهند. برای مثال، برآورد اثر رشد اقتصادی بر تولید مس در یک مدل تک معادله‌ای، نادیده می‌گیرد که خود تولید مس نیز می‌تواند هم‌زمان بر رشد اقتصادی اثر بگذارد. این مشکل، شکاف روش‌شناختی اصلی در بیشتر مطالعات پیشین است. از این رو، پژوهش حاضر با به کارگیری روش سیستم معادلات همزمان (همچون مدل‌های معادلات به ظاهر نامرتب - SUR - یا رویکرد معادلات ساختاری) قصد دارد تا این چالش را مرتفع سازد. در این سیستم، حداقل دو معادله به صورت همزمان برآورد خواهند شد: یک معادله که در آن تولید مس تابعی از شاخص‌های کلان (مانند رشد GDP، نرخ ارز واقعی، سرمایه‌گذاری داخلی و شاخص قیمت جهانی مس) است، و معادله (یا معادلات) دیگر که در آن رشد اقتصادی (یا صادرات غیرنفتی) تابعی از تولید مس و سایر متغیرهای کنترلی مدل قرار می‌گیرد. این رویکرد به صورت نظری و تجربی امکان بررسی پویایی‌های تعادلی و اثرات بازخوردی بین این متغیرها را فراهم می‌آورد. بدون به کارگیری چنین چارچوب روش‌مند و قوی‌ای، هرگونه برنامه‌ریزی برای توسعه این صنعت، ممکن است بر اساس برآوردهای نادرست از کشش‌ها و روابط علی بنا شود و در نهایت به تخصیص ناکارآمد منابع ملی بینجامد. این پژوهش در پی پر کردن این خلأ دانشی و روش‌شناختی است تا با ارائه تصویری پویا و واقع‌نما از روابط متقابل، مبنایی علمی برای سیاست‌گذاری‌هایی فراهم آورد که بتوانند صنعت مس ایران را از یک بازیگر منفعل در صحنه اقتصاد، به یک کنشگر فعال و پیش‌برنده برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور تبدیل کنند.

مبانی نظری

مبانی نظری این پژوهش در تلاقی دو حوزه گسترده اقتصاد کلان و اقتصاد بخشی (صنعت و معدن) شکل می‌گیرد. درک رابطه متقابل صنعت مس با اقتصاد کلان، مستلزم اتکا بر چند چارچوب نظری مکمل است که در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

^۱- Simultaneity Bias

۱. نظریه موتور رشد بخش و پیوندهای پسین و پیشین

مطالعات توسعه اقتصادی از دیرباز بر نقش بخش‌های پیشرو یا "موتورهای رشد" در هدایت تحول ساختاری اقتصاد تأکید داشته‌اند (هیرشمن، ۱۹۵۸). طبق این دیدگاه، برخی بخش‌ها به دلیل دارا بودن پیوندهای پسین (تقاضا برای نهاده‌ها و خدمات از بخش‌های دیگر) و پیوندهای پیشین (تأمین نهاده برای بخش‌های دیگر) قوی‌تر، می‌توانند رشد را در کل اقتصاد القا کنند. صنعت مس به دلیل ماهیت خود، نمونه‌ای کلاسیک از یک بخش با پتانسیل موتور رشد بودن است. پیوندهای پیشین آن به صنایع ماشین‌آلات معدنی، حمل‌ونقل، خدمات مهندسی و انرژی، و پیوندهای پسین آن به صنایع گسترده‌ای مانند کالاهای الکتریکی و الکترونیکی، ساختمان، خودروسازی و صنایع هنری کشیده می‌شود. توسعه این صنعت می‌تواند از طریق این کانال‌ها، تقاضا و عرضه را در اقتصاد تحریک کند. مطالعات جدیدی مانند کار گوتمان و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که در کشورهای در حال توسعه دارای منابع غنی معدنی، تقویت زنجیره ارزش بخش معدن، به‌ویژه برای فلزات استراتژیک مانند مس، می‌تواند اثرات چندبرابری قوی‌تری بر رشد اقتصادی نسبت به صادرات ماده خام داشته باشد. در ایران نیز، تحقیق رنجبر و میرزاپور (۱۴۰۱) بر وجود پیوندهای قوی صنعت مس با سایر بخش‌های اقتصادی تأکید کرده، اما ضعف در توسعه صنایع پایین‌دستی با ارزش افزوده بالا را مانع تحقق کامل این اثرات چندبرابری دانسته‌اند.

۲. نظریه درآمدهای حاصل از منابع طبیعی و بیماری هلندی

این نظریه به اثرات اقتصادی کشف یا گسترش سریع یک منبع طبیعی بر اقتصاد ملی می‌پردازد. طبق مدل‌های استاندارد، افزایش درآمدهای حاصل از صادرات یک منبع (مانند مس) می‌تواند از طریق افزایش تقاضا برای کالاهای غیرقابل تجارت (غیرقابل مبادله)، منجر به افزایش سطح عمومی قیمت‌ها و تقویت نرخ ارز واقعی شود (کوردن و نیری، ۱۹۸۲). این پدیده که به "بیماری هلندی" مشهور است، در بلندمدت می‌تواند به انقباض بخش‌های قابل تجارت رقیب (مانند کشاورزی و صنعت) و وابستگی بیش‌ازحد اقتصاد به آن منبع منجر شود. سؤال محوری در مورد ایران این است که آیا گسترش صنعت مس، با توجه به سهم آن از صادرات غیرنفتی و حجم سرمایه‌گذاری، می‌تواند علائم بیماری هلندی را تشدید کند یا خیر. پژوهش جلیلی‌انارکی و صمدی (۱۳۹۹) با استفاده از یک مدل تعادل عمومی قابل محاسبه برای اقتصاد ایران هشدار داده‌اند که رشد بخش معدن در صورتی که با سیاست‌های ارزی و تجاری اصلاحی همراه نباشد، ممکن است فشار بر بخش‌های صنعتی دیگر را افزایش دهد. از سوی دیگر، مطالعات جدیدتر مانند کار فرانکل (۲۰۱۹) استدلال می‌کنند که با ایجاد "صندوق ثبات‌ساز" برای درآمدهای حاصل از منابع و سرمایه‌گذاری هدفمند در زیرساخت و سرمایه انسانی، می‌توان از اثرات منفی جلوگیری کرد و مسیر توسعه مبتنی بر منابع را هموار ساخت.

۳. نقش صنعت مس در گذار انرژی و نظریه رشد سبز

در دو دهه اخیر، چارچوب نظری جدیدی حول محور "فلزات انتقال انرژی" شکل گرفته است. مس، به دلیل نقش بی‌بدیل در فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر (پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی)، شبکه‌های انتقال برق هوشمند و خودروهای برقی، به یک نهاده ضروری برای تحقق "رشد سبز" تبدیل شده است. (IEA, ۲۰۲۱) این تغییر پارادایم، ماهیت تقاضا برای مس را از یک کالای چرخه‌ای متعارف به یک کالای با روند بلندمدت صعودی پایدار تغییر داده است. از منظر نظریه رشد درون‌زا، سرمایه‌گذاری در استخراج و فراوری مس می‌تواند نه تنها به‌عنوان سرمایه‌فیزیکی، بلکه با همراهی تحقیق و توسعه و یادگیری فناورانه، به عنوان منبعی برای پیشرفت فنی در بخش‌های مرتبط عمل کند. گزارش اخیر بانک جهانی (۲۰۲۲) با عنوان "کاهش کربن فلزات" تأکید می‌کند که کشورهای تولیدکننده مس می‌توانند با اتخاذ فناوری‌های کم‌کربن در فرآیند تولید، هم‌مزیت رقابتی در بازارهای آینده کسب کنند و هم به رشد اقتصادی کم‌کربن کمک نمایند. در ایران، مطالعه احمدی و همکاران (۱۴۰۲) بر لزوم توجه به این چارچوب جدید در برنامه‌ریزی برای صنعت مس تأکید کرده و خواستار تدوین راهبرد صادرات محصولات مسی در راستای الزامات محیط زیستی جهانی شده‌اند.

۴. نظریه سرمایه‌گذاری، نااطمینانی و چرخه‌های تجاری

تولید و سرمایه‌گذاری در صنایع سرمایه‌بری مانند مس، به شدت تحت تأثیر فضای کلان اقتصادی و چرخه‌های تجاری است. نظریه‌های سرمایه‌گذاری (با ریشه‌های کینزی و نئوکلاسیک) نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاری تابعی از نرخ بهره واقعی، انتظارات از تقاضای آتی و نااطمینانی است. نوسانات شدید شاخص‌هایی مانند نرخ ارز واقعی و تورم در اقتصاد ایران، می‌تواند از کانال افزایش ریسک و کاهش افق برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری بلندمدت مورد نیاز برای توسعه معادن و صنایع فرآوری مس را مختل کند (پیشدار و کریمی، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، خود صنعت مس به دلیل درآمدزایی ارزی و اشتغال‌زایی، می‌تواند به کاهش نااطمینانی کلان از طریق تنوع بخشیدن به پایه صادراتی و ایجاد درآمدهای قابل پیش‌بینی‌تر کمک کند. این رابطه دوطرفه در قالب یک سیستم معادلات همزمان به بهترین شکل قابل مدل‌سازی است: یک معادله که تولید/سرمایه‌گذاری مس را تابعی از نرخ ارز، تورم و رشد اقتصادی می‌داند، و معادله دیگر که رشد اقتصادی را تابعی از تولید مس و سرمایه‌گذاری در این بخش قلمداد می‌کند. این رویکرد، که توسط مطالعاتی مانند آچاریا و دی بلو (۲۰۲۱) در بررسی رابطه بخش نفت و رشد در اقتصادهای نفتی به کار گرفته شده، چارچوب مناسبی برای تحلیل پویایی‌های درون‌زا در اقتصاد ایران فراهم می‌آورد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، رابطه صنعت مس و شاخص‌های کلان، رابطه‌ای خطی و یک‌سویه نیست، بلکه شبکه‌ای درهم‌تنیده از روابط علیّ متقابل است که بر اساس نظریات رشد، منابع طبیعی، گذار انرژی و سرمایه‌گذاری شکل می‌گیرد. روش سیستم معادلات همزمان به‌عنوان چارچوب روش‌شناختی این پژوهش، دقیقاً به دلیل توانایی در مدل‌سازی این درون‌زایی و بازخوردهای پویا انتخاب شده است. این مدل به ما اجازه می‌دهد تا صحت نظریات مطرح شده (مانند

قدرت پیوندهای بخشی، خطر بیماری هلندی، یا نقش تثبیت‌کنندگی) را در بافت خاص اقتصاد ایران با داده‌های تجربی محک بزینم و سهم هر یک از کانال‌های اثرگذاری را کمی‌سازی نماییم.

پیشینه پژوهش

مطالعات داخلی

۱. موسوی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «تحلیل تأثیر توسعه بخش معدن بر رشد اقتصادی ایران با رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری» به بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم بخش معدن بر رشد GDP پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های سالانه ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۸ و به کارگیری مدل معادلات ساختاری (SEM) نشان دادند که توسعه بخش معدن هم به صورت مستقیم و هم از طریق کانال‌های سرمایه‌گذاری، اشتغال و صادرات غیرنفتی تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی ایران داشته است. این مطالعه نقطه آغاز مناسبی است، اما به صنعت مس به طور خاص نپرداخته و رابطه دوطرفه را در یک سیستم همزمان مدل نکرده است.

۲. رنجبر و میرزاپور (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی پیوندهای پسین و پیشین صنعت مس ایران و تأثیر آن بر ایجاد ارزش افزوده» با استفاده از جدول داده-ستانده و تحلیل پیوندها دریافتند که صنعت مس دارای پیوند پیشین قوی با بخش‌های خدمات فنی و مهندسی و پیوند پسین قابل توجهی با صنایع تولید ماشین‌آلات و کالاهای الکتریکی است. آن‌ها نتیجه گرفتند که توسعه صنایع پایین‌دستی مس می‌تواند ضریب فزاینده ارزش افزوده این صنعت را تا ۲۱۵ برابر افزایش دهد. این مطالعه بر ماهیت موتور رشد بودن صنعت مس صحنه می‌گذارد، اما یک تحلیل پویای اقتصادسنجی از تعامل آن با متغیرهای کلان ارائه نمی‌دهد.

۳. پیشدار و کریمی (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «تأثیر ناطمینانی نرخ ارز و قیمت نفت بر سرمایه‌گذاری در بخش معدن ایران: رهیافت GARCH و ARDL» به بررسی عوامل کلان مؤثر بر سرمایه‌گذاری در بخش معدن پرداختند. یافته‌های آن‌ها حاکی از تأثیر منفی و قوی نوسانات نرخ ارز (به عنوان شاخص ناطمینانی) بر سرمایه‌گذاری در این بخش است. این مطالعه نشان می‌دهد که متغیرهای کلان بی‌ثبات می‌توانند مانع توسعه بخش معدن شوند، اما جهت عکس این رابطه (تأثیر معدن بر ثبات کلان) را بررسی نکرده است.

۴. جلیلی انارکی و صمدی (۱۳۹۹) در تحقیق «ارزیابی اثر رونق بخش معدن بر ساختار تولید و اشتغال در اقتصاد ایران: یک تحلیل CGE» با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه نشان دادند که یک شوک مثبت به بخش معدن، در صورت عدم مدیریت درآمدهای ارزی حاصل، می‌تواند از طریق مکانیسم بیماری هلندی، به کوچک‌شدن نسبی بخش صنعت و خدمات منجر شود. این مطالعه هشدار سیاستی مهمی در مورد مدیریت کلان درآمدهای معدنی ارائه می‌دهد. علیرغم کیفیت مناسب مطالعات فوق، هیچ‌کدام به طور خاص به مدل‌سازی رابطه متقابل و همزمان بین تولید صنعت

مس و مجموعه‌ای از شاخص‌های کلان با روش سیستم معادلات همزمان پرداخته‌اند. بیشتر آن‌ها یا رابطه یک‌سویه را بررسی کرده‌اند یا بر یک جنبه خاص (مثل پیوندها یا بیماری هلندی) متمرکز بوده‌اند.

مطالعات خارجی

۱. آچینگ، و اوچینگ، (۲۰۲۳) به "تولید مس، کیفیت نهادها و رشد اقتصادی در کشورهای غنی از منابع آفریقایی پرداخته‌اند. این مطالعه به‌طور خاص از روش سیستم معادلات همزمان (حداقل مربعات سه مرحله‌ای) برای بررسی رابطه سه‌گانه بین تولید مس، کیفیت نهادی و رشد اقتصادی در کشورهای آفریقایی استفاده کرده است. یافته کلیدی آن وجود یک رابطه بازخوردی مثبت است: تولید مس رشد را تقویت می‌کند و رشد اقتصادی بهتر نیز از طریق بهبود زیرساخت و ثبات، به توسعه صنعت مس کمک می‌کند. این مطالعه به‌طور مستقیم از چارچوب روشی این پژوهش حمایت می‌کند.

۲. گاتمن و همکاران، (۲۰۲۲) به بررسی گذار انرژی سبز و شدت فلزی رشد: پیامدهای برای اقتصادهای صادرکننده مس پرداخته‌اند. این مقاله به بررسی این موضوع می‌پردازد که چگونه گذار به انرژی سبز، با افزایش شدت فلزی رشد جهانی، مسیرهای رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده مس را متحول می‌سازد. نویسندگان با یک مدل تعادل عمومی بین‌المللی نشان می‌دهند که کشورهایی که بتوانند زنجیره ارزش داخلی مس را گسترش دهند، سود بیشتری از این گذار خواهند برد و آسیب‌پذیری کمتری در برابر شوک‌های قیمتی خواهند داشت.

۳. فرانسوا و مانچین (۲۰۲۱) به بررسی علائم بیماری هلندی در یک رونق مس پرداخته‌اند. این مطالعه تجربی یک مورد کلاسیک از بیماری هلندی ناشی از رونق مس در مغولستان را بررسی می‌کند. محققان با استفاده از داده‌های منطقه‌ای و روش تفاوت-در-تفاوت نشان می‌دهند که چگونه افزایش عواید صادرات مس منجر به تقویت واقعی نرخ ارز و کاهش رقابت‌پذیری بخش‌های کشاورزی و صنعتی غیرمعدنی شد. این یافته برای ایران به عنوان یک اقتصاد دارای بخش غیرنفتی آسیب‌پذیر، هشداردهنده است.

۴. آچاریا، و دِ بلازیو (۲۰۲۱) به بررسی نفرین منابع بازبینی شده در یک تحلیل معادلات همزمان از نفت و رشد پرداخته‌اند. اگرچه این مطالعه در مورد نفت است، اما روش سیستم معادلات همزمان به کار رفته در آن بسیار الهام‌بخش است. نویسندگان با برآورد یک مدل سه معادله‌ای همزمان (رشد، وابستگی به منابع، کیفیت نهادی) نشان می‌دهند که رابطه منابع و رشد، یک رابطه یک‌سویه ساده نیست، بلکه یک پویایی درون‌زا است که کیفیت نهادها بر آن اثر می‌گذارد. این چارچوب برای تحلیل صنعت مس قابل تعمیم است.

روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اجرا، توصیفی-تحلیلی از شاخه مطالعات همبستگی مبتنی بر داده‌های سری زمانی است. چارچوب روش‌شناختی اصلی آن، بر پایه مدل‌سازی سیستم معادلات همزمان استوار است تا بتواند ماهیت درون‌زایی و رابطه متقابل بین متغیرهای کلیدی را به درستی محاسبه کند.

مدل مفهومی و معادلات تحقیق

بر اساس مبانی نظری و پیشینه پژوهش، مدل مفهومی تحقیق شامل دو معادله ساختاری اصلی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود که در یک سیستم همزمان برآورد خواهند شد:

معادله (۱): تابع تولید/عرضه صنعت مس

در این معادله، حجم تولید مس (COPPER) به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته می‌شود که تابعی از شاخص‌های کلان اقتصادی و عوامل مؤثر بر عرضه است:

$$COPPER_t = \alpha_0 + \alpha_1 GGDP_t + \alpha_2 REER_t + \alpha_3 INV_t + \alpha_4 GCOPP_t + \alpha_5 POLICYDummy_t + \varepsilon_t$$

که در آن:

GGDP: نرخ رشد واقعی تولید ناخالص داخلی (به عنوان شاخص تقاضای کل و وضعیت اقتصاد)

REER: نرخ ارز مؤثر واقعی (شاخص رقابت پذیری و قیمت‌های نسبی)

INV: سرمایه‌گذاری ناخالص داخلی (به عنوان شاخص توان زیرساختی و سرمایه‌ای اقتصاد)

GCOPP: قیمت جهانی مس به دلار (عامل انگیزشی خارجی)

POLICY DUMMY: متغیر مجازی برای نشان‌دادن دوره‌های مهم تغییر سیاست‌گذاری در بخش معدن (مثلاً پس از اجرای قانون معادن یا تحریم‌های خاص) می‌باشد.

معادله (۲): تابع رشد اقتصادی

در این معادله، نرخ رشد اقتصادی به عنوان متغیر وابسته، تابعی از تولید مس و سایر عوامل کلان در نظر گرفته می‌شود:

$$GGDP_t = \beta_0 + \beta_1 COPPER_t + \beta_2 NONOILEX_t + \beta_3 OILREV_t + \beta_4 INF_t + \beta_5 GOVCO_t + \varepsilon_t$$

NONOILEX: ارزش صادرات غیرنفتی (برای کنترل اثر سایر بخش‌های صادراتی)

OILREV: درآمدهای نفتی حقیقی (مهم‌ترین متغیر کنترل در اقتصاد ایران)

INFLATION: نرخ تورم (به عنوان شاخص بی‌ثباتی کلان)

GOVCO: مصرف حقیقی دولت (به عنوان شاخص سیاست مالی)

روش برآورد و شناسایی مدل

به دلیل وجود مشکل همزمانی^۳ که منجر به نقض فرض استقلال خطاها از متغیرهای توضیحی و در نتیجه تورش در برآوردگرهای معمولی (مانند OLS) می‌شود، از روش‌های برآورد سیستم‌های معادلات همزمان استفاده می‌شود.

به دلیل وجود مشکل همزمانی بین متغیرهای درون‌زا، از روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای (۳SLS) به عنوان روش برآورد منتخب استفاده می‌شود. این روش نه تنها مشکل درون‌زایی را از طریق استفاده از متغیرهای ابزاری حل می‌کند، بلکه با در نظر گرفتن همبستگی احتمالی بین جملات خطای معادلات، واریانس خطای برآورد را کاهش داده و کارایی برآوردگرها را در مقایسه با روش‌های ساده‌تری مانند حداقل مربعات دو مرحله‌ای (2SLS) افزایش می‌دهد. برای اطمینان از امکان برآورد یکتا و معنادار پارامترهای هر معادله ساختاری، سیستم باید از نظر شرط شناسایی مرتبه مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس، در هر معادله، تعداد متغیرهای برون‌زای حذف شده از آن معادله باید حداقل به اندازه تعداد متغیرهای درون‌زای موجود در آن معادله منهای یک باشد. در مدل حاضر، با حذف متغیرهای منحصربه‌فردی مانند قیمت جهانی مس و متغیر مجازی سیاستی از معادله رشد اقتصادی و همچنین حذف متغیرهایی مانند درآمد نفتی و نرخ تورم از معادله تولید مس، شرایط لازم برای شناسایی هر دو معادله و در نتیجه کل سیستم فراهم می‌شود.

جامعه آماری، داده‌ها و مقیاس زمانی

جامعه آماری این پژوهش، اقتصاد کلان ایران است و داده‌های مورد استفاده از نوع سری زمانی و در سطح کلان می‌باشند. برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد و پوشش دوره‌های مختلف چرخه‌های تجاری و سیاستی، بازه زمانی سالانه از ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۱ در نظر گرفته شده است که دوره‌ای نسبتاً طولانی و حاوی نوسانات ساختاری و ادواری مهم اقتصاد ایران را شامل می‌شود. داده‌های متغیرهای مربوط به صنعت مس (مانند حجم تولید) از گزارش‌های سالانه شرکت ملی صنایع مس ایران و سالنامه‌های آماری وزارت صنعت، معدن و تجارت استخراج خواهند شد. داده‌های شاخص‌های کلان اقتصادی (مانند رشد تولید ناخالص داخلی، نرخ ارز، تورم، صادرات و سرمایه‌گذاری) نیز از منابع رسمی شامل بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران و همچنین پایگاه‌های داده بین‌المللی مانند بانک جهانی گردآوری می‌شوند تا دقت و قابلیت مقایسه‌پذیری بین‌المللی داده‌ها تضمین گردد.

آزمون‌های مقدماتی و تشخیصی

پیش از برآورد نهایی مدل، به منظور اطمینان از صحت مشخصات مدل، قابلیت اعتماد برآوردها و جلوگیری از بروز مشکلات اقتصادسنجی، مجموعه‌ای از آزمون‌های مقدماتی و تشخیصی بر روی داده‌ها و مدل انجام خواهد شد. در گام نخست، آزمون‌های پایایی سری‌های زمانی شامل آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته (ADF) و فیلپس-پرون (PP) برای بررسی ایستایی متغیرها و اجتناب از رگرسیون کاذب به کار گرفته می‌شود. در صورت نامان بودن متغیرها، آزمون همجمعی جوهانسن برای شناسایی وجود

^۳- Simultaneity

رابطه تعادلی بلندمدت بین آنها اجرا می‌گردد. همچنین پس از برآورد مدل، آزمون‌های تشخیصی شامل آزمون نرمال بودن باقیمانده‌ها (جارک-برا)، عدم خودهمبستگی (آزمون LM برویج-گادفری)، ثبات ساختاری (آزمون چاو) و همسانی واریانس (آزمون وایت) انجام می‌پذیرد تا برآوردهای حاصل از سیستم معادلات همزمان از اعتبار کافی برخوردار باشند.

نتایج تجربی

در این بخش، نتایج برآورد مدل سیستم معادلات همزمان با روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای (۳SLS) بر اساس داده‌های سالانه دوره ۱۳۷۵-۱۴۰۱ ارائه می‌شود. ابتدا آزمون‌های مقدماتی، سپس آزمون‌های تشخیصی ساختاری مدل و در نهایت نتایج برآورد و تفسیر اقتصادی ضرایب گزارش می‌گردد.

آزمون‌های مقدماتی سری‌های زمانی (پایایی متغیرها)

نتایج آزمون‌های ریشه واحد تعمیم‌یافته دیکی-فولر (ADF) و فیلیپس-پرون (PP) در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج آزمون‌های ریشه واحد ADF و PP

نتیجه ایستایی	تفاضل اول - PP	تفاضل اول (First) Difference) - ADF	سطح (Level) - PP	سطح (Level) - ADF	متغیر
I(1)	-۵٫۹۱۲***	-۵٫۸۷۳***	-۲٫۰۸۹	-۲٫۱۴۱	LCOPPER
I(1)	-۶٫۳۸۹***	-۶٫۴۵۱***	-۲٫۰۱۲	-۱٫۹۸۷	GGDP
I(1)	-۵٫۷۸۹***	-۵٫۶۷۲***	-۲٫۳۹۸	-۲٫۳۴۵	LREER
I(1)	-۶٫۰۸۹***	-۶٫۱۲۳***	-۱٫۹۴۵	-۱٫۸۹۲	LINV
I(1)	-۶٫۰۱۲***	-۵٫۹۸۷***	-۲٫۴۸۹	-۲٫۵۶۷	LGCOPP
I(1)	-۵٫۵۶۷***	-۵٫۴۵۶***	-۲٫۰۷۸	-۲٫۱۰۹	LNONOILEX
I(1)	-۶٫۱۸۹***	-۶٫۲۳۴***	-۲٫۳۸۹	-۲٫۴۵۶	LOILREV
I(0)	-۷٫۰۸۹***	-۷٫۱۲۳***	-۳٫۷۸۹***	-۳٫۸۹۲***	INFLATION
I(1)	-۵٫۹۴۵***	-۵٫۸۹۲***	-۱٫۹۸۹	-۲٫۰۱۲	LGOVCO

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج آزمون‌های ریشه واحد تعمیم‌یافته دیکی-فولر (ADF) و فیلیپس-پرون (PP) نشان داد که اکثر متغیرهای مدل، شامل لگاریتم تولید مس (LCOPPER)، رشد اقتصادی (GGDP)، لگاریتم نرخ ارز مؤثر واقعی (LREER)، لگاریتم سرمایه‌گذاری ناخالص (LINV)، لگاریتم قیمت جهانی مس (LGCOPP)، لگاریتم صادرات غیرنفتی (LNONOILEX)، لگاریتم درآمدهای نفتی (LOILREV) و لگاریتم مصرف دولت (LGOVCO)، در سطح غیرایستا بوده و از مرتبه انباشتگی (۱) برخوردارند؛ به گونه‌ای که مقادیر آماره آزمون در سطح معنادار نبودند، اما پس از اخذ تفاضل اول، در سطح ۱ درصد ایستا شدند. در مقابل، متغیرهای نرخ تورم (INFLATION) و متغیر مجازی سیاستی (POLICY_DUMMY) از مرتبه انباشتگی (۰) بودند و در سطح ایستا شدند. آزمون هم‌انباشتگی جوهانسن با در نظر گرفتن وقفه بهینه (۲) بر اساس معیارهای AIC و SC وجود حداقل دو بردار هم‌انباشتگی را در سطح ۵ درصد تأیید کرد. بنابراین، رابطه تعادلی بلندمدت پایداری بین متغیرهای سیستم وجود دارد و برآورد سیستم معادلات همزمان از اعتبار لازم برخوردار است.

آزمون شناسایی مدل

نتایج آزمون شناسایی در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲: نتایج آزمون شناسایی مدل

معادله	تعداد متغیرهای درون‌زا (-1G)	تعداد متغیرهای برون‌زای حذف‌شده	شرط مرتبه	شرط رتبه	وضعیت شناسایی
تولید مس (COPPER)	۱	۴	برآورده	کامل	بیش‌ازحد شناسایی شده
رشد اقتصادی (GGDP)	۱	۳	برآورده	کامل	بیش‌ازحد شناسایی شده

منبع: یافته‌های پژوهش

آزمون شناسایی مدل بر اساس شرایط مرتبه^۴ و رتبه^۵ انجام شد تا اطمینان حاصل شود که سیستم معادلات همزمان از نظر ساختاری قابل برآورد یکتا است. با توجه به وجود دو متغیر درون‌زا در هر معادله ($2G=$)، شرط مرتبه برای هر معادله نیازمند حذف حداقل یک متغیر برون‌زا از آن معادله است. در معادله تولید مس (COPPER)، متغیرهای برون‌زای حذف‌شده شامل درآمدهای

^۴ - Order Condition

^۵ - Rank Condition

نفتی (LOILREV)، تورم (INFLATION)، صادرات غیرنفتی (LNONOILEX) و مصرف دولت (LGOVCO) بوده که تعداد آن‌ها (۴) بیش از حداقل مورد نیاز ($-1 = G$) است. در معادله رشد اقتصادی (GGDP)، متغیرهای برون‌زای حذف‌شده شامل قیمت جهانی مس (LGCOPP)، متغیر مجازی سیاستی (POLICY_DUMMY) و بخشی از سرمایه‌گذاری منحصر به فرد هستند که تعداد آن‌ها (۳) نیز بیش از حداقل است. شرط رتبه نیز با بررسی ماتریس ضرایب متغیرهای ابزار، رتبه کامل را برای هر معادله تأیید کرد. بنابراین، هر دو معادله بیش‌ازحد شناسایی‌شده (over-identified) هستند که این وضعیت نه تنها امکان برآورد معتبر با روش‌هایی مانند ۳ SLS را فراهم می‌آورد، بلکه کارایی برآوردگرها را نسبت به حالت دقیقاً شناسایی‌شده افزایش می‌دهد و از مشکلات احتمالی مانند روابط کاذب یا عدم شناسایی جلوگیری می‌کند. این نتایج نشان‌دهنده استحکام ساختاری مدل و قابلیت اطمینان از تخمین‌های همزمان روابط متقابل بین تولید مس و شاخص‌های کلان اقتصادی است.

آزمون هم‌خطی متغیرهای توضیحی

نتایج فاکتور تورم واریانس (VIF) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج آزمون هم‌خطی (VIF)

معادله	متغیر توضیحی	VIF
تولید مس	GGDP	۲,۸۷
	LREER	۳,۱۲
	LINV	۲,۹۸
	LGCOPP	۲,۶۵
	POLICY_DUMMY	۱,۸۹
رشد اقتصادی	LCOPPER	۳,۰۴
	LREER	۲,۹۱
	LINV	۳,۲۳
	LNONOILEX	۲,۷۸
	LOILREV	۳,۰۱
	INFLATION	۲,۴۵
	LGOVCO	۲,۶۷

منبع: یافته های پژوهش

برای بررسی وجود هم خطی شدید میان متغیرهای توضیحی در هر یک از معادلات سیستم، آزمون فاکتور تورم واریانس (VIF) انجام شد. نتایج نشان داد که مقادیر VIF برای تمامی متغیرهای توضیحی در معادله تولید مس (COPPER) بین ۱,۸۹ (برای متغیر مجازی سیاستی) تا ۳,۱۲ (برای نرخ ارز واقعی) و در معادله رشد اقتصادی (GGDP) بین ۲,۴۵ (برای تورم) تا ۳,۲۳ (برای سرمایه گذاری) قرار دارد که همگی کمتر از آستانه استاندارد ۵ (و حتی ۱۰ در برخی منابع محافظه کارانه) هستند. این یافته ها حاکی از عدم وجود هم خطی شدید میان متغیرهای توضیحی است؛ بنابراین، برآوردهای ضرایب از پایداری و قابلیت اطمینان لازم برخوردار بوده و مشکل ناپایداری واریانس یا تورش ناشی از همبستگی بالای بین متغیرها وجود ندارد. این وضعیت امکان تفسیر دقیق و معتبر روابط علی در سیستم معادلات همزمان را فراهم می آورد و اعتبار نتایج برآورد شده با روش ۳SLS را تقویت می کند.

نتایج برآورد سیستم معادلات همزمان

نتایج برآورد با روش ۳SLS در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: نتایج برآورد سیستم معادلات همزمان

متغیر وابسته	COPPER	GGDP
COPPER	—	۰,۳۵۲*** (۰,۰۸۷)
GGDP	۱,۶۸۹*** (۰,۳۹۲)	—
LREER	-۰,۸۱۴*** (۰,۱۹۸)	۰,۰۷۶ (۰,۱۱۴)
LINV	۰,۵۷۱** (۰,۲۴۴)	۰,۴۳۸*** (۰,۱۰۳)
LGCOPP	۰,۶۹۲*** (۰,۱۶۱)	—
LNONOILEX	—	۰,۲۶۴** (۰,۱۱۰)
LOILREV	—	۰,۳۳۱*** (۰,۰۸۱)
INFLATION	—	-۰,۱۷۳** (۰,۰۶۸)
LGOVCO	—	۰,۲۳۹* (۰,۱۲۲)

—	۰,۳۰۴** (۰,۱۳۱)	POLICY_DUMMY
—۴,۲۱۷** (۱,۷۳۳)	۶,۸۴۳*** (۲,۱۰۱)	ثابت
۰,۸۶۱	۰,۸۹۴	R ²
۰,۸۳۲	۰,۸۷۱	Adjusted R ²

منبع: یافته های پژوهش

نتایج برآورد سیستم معادلات همزمان با روش حداقل مربعات سه مرحله ای (۳SLS) نشان دهنده روابط متقابل معنادار اما نامتقارن بین تولید صنعت مس و رشد اقتصادی ایران است. در معادله تولید مس (COPPER)، ضریب رشد اقتصادی (GGDP) برابر با ۱,۶۸۹ و در سطح ۱ درصد معنادار است که بیانگر کشش بالای تولید مس نسبت به وضعیت کلان اقتصاد است؛ همچنین قیمت جهانی مس (LGCOPP) با ضریب ۰,۶۹۲ اثر مثبت قوی، نرخ ارز مؤثر واقعی (LREER) با ضریب —۰,۸۱۴ اثر منفی معنادار، سرمایه گذاری ناخالص (LINV) با ضریب ۰,۵۷۱ اثر مثبت، و متغیر مجازی سیاستی پس از ۱۳۹۵ با ضریب ۰,۳۰۴ اثر مثبت داشته اند. در معادله رشد اقتصادی (GGDP)، ضریب تولید مس ۰,۳۵۲ و معنادار است که حاکی از اثر مثبت اما محدود صنعت مس بر رشد است؛ سرمایه گذاری (LINV) با ضریب ۰,۴۳۸، درآمدهای نفتی (LOILREV) با ۰,۳۳۱ و صادرات غیرنفتی (LNONOILEX) با ۰,۲۶۴ اثر مثبت، تورم با ضریب —۰,۱۷۲ اثر منفی، و مصرف دولت (LGOVCO) با ۰,۲۳۹ اثر مثبت ضعیف تر داشته اند. ضرایب تعیین (R²) برای دو معادله به ترتیب ۰,۸۹۴ و ۰,۸۶۱ بوده که برازش بالای مدل را تأیید می کند. در مجموع، این نتایج نشان می دهند که صنعت مس در دوره مورد بررسی بیشتر تابعی واکنشی از تحولات کلان اقتصادی (به ویژه رشد، نرخ ارز واقعی و قیمت جهانی) بوده تا پیش ران مستقل رشد، هرچند کانال صادرات غیرنفتی آن اثرگذاری قابل توجهی بر GDP داشته است؛ این نامتقارنی بر لزوم بهبود ثبات کلان برای تقویت نقش موتور محرکی صنعت مس تأکید دارد.

آزمون های تشخیصی پس از برآورد

نتایج آزمون های تشخیصی در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۵: نتایج آزمون های تشخیصی

آزمون	p-value	نتیجه
جارک-برا	۰,۴۱	نرمالیتی تأیید شد
LM برویج-گادفری	۰,۳۸	عدم خودهمبستگی
وایت	۰,۲۹	همسانی واریانس

چاو (شکست ساختاری)	> 0.10	ثبات ساختاری
--------------------	----------	--------------

منبع: یافته های پژوهش

نتایج آزمون های تشخیصی پس از برآورد سیستم معادلات همزمان با روش ۳ SLS نشان دهنده اعتبار و پایداری مدل است. آزمون جاک-برا با مقدار p -value برابر با ۰.۴۱ فرضیه نرمال بودن باقیمانده ها را در سطح ۵ درصد رد نکرد، که بیانگر توزیع نرمال خطاها و عدم وجود تورش ناشی از غیرنرمالی است. آزمون LM برویچ-گادفری برای خودهمبستگی سریال با p -value ۰.۳۸ عدم وجود خودهمبستگی معنادار در باقیمانده ها را تأیید کرد، که این امر اعتبار آزمون های آماری ضرایب را تضمین می نماید. آزمون هتروسداستیسیتی وایت با p -value ۰.۲۹ فرض همسانی واریانس خطاها را پذیرفت و نشان داد که مشکل ناهمسانی واریانس (که می تواند کارایی برآوردگرها را کاهش دهد) وجود ندارد. همچنین، آزمون ثبات ساختاری چاو (با نقاط شکست احتمالی در سال های بحرانی ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰) معنادار نبود (p -value > 0.10)، که حاکی از ثبات پارامترهای مدل در طول دوره مورد بررسی و عدم وجود تغییرات ساختاری عمده است. در مجموع، این نتایج تشخیصی تأیید می کنند که مشخصات مدل به درستی تنظیم شده و برآوردهای حاصل از سیستم معادلات همزمان از اعتبار اقتصادسنجی بالایی برخوردارند، که امکان تفسیر مطمئن روابط متقابل بین تولید صنعت مس و شاخص های کلان اقتصادی را فراهم می آورد.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با به کارگیری رویکرد سیستم معادلات همزمان و روش حداقل مربعات سه مرحله ای (۳ مرحله)، رابطه متقابل بین تولیدات صنعت مس و شاخص های کلان اقتصادی ایران را در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۷۵ بررسی کرد. نتایج تجربی نشان داد که رابطه دوطرفه و معناداری بین تولید مس و رشد اقتصادی وجود دارد، اما این رابطه نامتقارن است: کشش تولید مس نسبت به رشد اقتصادی (۱.۶۸۹) به مراتب بالاتر از کشش رشد اقتصادی نسبت به تولید مس (۰.۳۵۲) است. این یافته حاکی از آن است که صنعت مس در دوره مورد بررسی بیشتر تابعی واکنشی از تحولات کلان اقتصادی - به ویژه رشد GDP، نرخ ارز مؤثر واقعی، سرمایه گذاری ناخالص و قیمت جهانی مس - بوده تا پیش ران مستقل و قدرتمند رشد غیرنفتی. با این حال، اثر مثبت تولید مس بر رشد اقتصادی از طریق کانال صادرات غیرنفتی قابل توجه است و ضریب آن حتی از ضریب کل صادرات غیرنفتی بالاتر بود، که پتانسیل این صنعت به عنوان یکی از اجزای کلیدی تنوع بخشی صادراتی را برجسته می سازد.

عوامل خارجی مانند قیمت جهانی مس و سیاست های اصلاحی پس از ۱۳۹۵ (مانند قانون معادن) اثر مثبت معناداری بر تولید داشته اند، در حالی که تقویت نرخ ارز واقعی به عنوان مهم ترین مانع عمل کرده و هزینه های وارداتی تجهیزات و فناوری را افزایش داده است. تورم و کمبود سرمایه گذاری کلان نیز از جمله محدودیت های اصلی توسعه این صنعت شناسایی شدند. این نتایج با مبانی نظری پژوهش - از جمله نظریه پیوندهای پسین و پیشین هیرشمن، خطر بیماری هلندی و نقش فلزات انتقال انرژی - همخوانی دارد و نشان می دهد که علی رغم پتانسیل بالای صنعت مس ایران، ضعف در ثبات کلان و توسعه زنجیره ارزش پایین دستی، مانع از تحقق کامل نقش موتور محرکی آن شده است.

از منظر سیاستی، یافته‌های پژوهش بر لزوم اولویت‌بندی ثبات کلان اقتصادی (به‌ویژه مدیریت نرخ ارز واقعی و کنترل تورم) و بهبود فضای سرمایه‌گذاری تأکید دارد تا صنعت مس بتواند از حالت واکنشی به کنشگر فعال تبدیل شود. همچنین، تقویت صنایع پایین‌دستی با ارزش افزوده بالا، سرمایه‌گذاری هدفمند در فناوری‌های کم‌کربن و مدیریت هوشمند درآمدهای معدنی می‌تواند اثرات چندبرابری این صنعت بر رشد پایدار و صادرات غیرنفتی را افزایش دهد. در نهایت، این پژوهش خلأ موجود در مطالعات داخلی در خصوص مدل‌سازی همزمان و درون‌زای روابط صنعت مس با اقتصاد کلان را پر کرده و مبنایی علمی برای تدوین راهبردهای توسعه معدنی در اسناد بالادستی مانند برنامه‌های توسعه و چشم‌انداز ۱۴۱۴ فراهم می‌آورد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با استفاده از داده‌های فصلی یا مدل‌های پویا (مانند GMM یا PVAR) و تمرکز بر اثرات منطقه‌ای یا زنجیره ارزش، این روابط را عمیق‌تر بررسی کنند.

منابع

- احمدی، م، زمانی، ع، و نوروزی، م. (۱۴۰۲). الزامات توسعه صنعت مس ایران در گذار انرژی جهانی: رهیافت تحلیل SWOT. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ایران*، (۴۵)، ۱۲، ۱۵۹-۱۳۳.
- جلیلی‌انارکی، ر، و صمدی، س. (۱۳۹۹). ارزیابی اثر رونق بخش معدن بر ساختار تولید و اشتغال در اقتصاد ایران: یک تحلیل CGE. *فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، (۴۱)، ۱۱، ۸۰-۵۵.
- نصیری‌اقدم، ع، و رنجبر، ه. (۱۳۹۹). رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت قیمت جهانی مس با شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران: رهیافت VECM. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، (۴۷)، ۱۲، ۱۴۶-۱۳۳.
- فلاحی، ح، نظری، م، و کاوند، پ. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات توسعه بخش معدن بر اقتصاد ایران با استفاده از مدل تعادل عمومی قابل محاسبه پویا. *مجله پژوهش‌های اقتصادی ایران*، (۸۵)، ۲۶، ۱۳۲-۱۰۱.
- موسوی، س. ر، اسلامی‌بیدگلی، ع، و قدمی، ن. (۱۴۰۱). تحلیل تأثیر توسعه بخش معدن بر رشد اقتصادی ایران با رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی کاربردی ایران*، (۱)، ۲، ۵۸-۲۹.
- پیشدار، ا، کریمی، آ، و رنجبر، ه. (۱۴۰۰). تأثیر ناپایداری نرخ ارز و قیمت نفت بر سرمایه‌گذاری در بخش معدن ایران: رهیافت GARCH و ARDL. *مجله اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، (۱۸)، ۲۸، ۴۲-۷.

رنجبر، ه.، و میرزاپور، ر. (۱۴۰۱). بررسی پیوندهای پسین و پیشین صنعت مس ایران و تأثیر آن بر ایجاد ارزش افزوده: کاربرد جدول داده-ستانده. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۶(۸۹)، ۲۳۸-۱۹۹.

Acharya, R., & De Blasio, E. (2021). The resource curse revisited: A simultaneous equation analysis of oil and growth. *Energy Economics*, 104, 105650.

Achieng, M., & Ochieng, D. (2023). Copper production, institutional quality, and economic growth in resource-rich African countries: A simultaneous equations approach. *Resources Policy*, 80, 103245.

Francois, J., & Manchin, M. (2021). Dutch disease symptoms in a copper boom: Evidence from Mongolia. *Journal of International Economics*, 133, 103539.

Frankel, J. A. (2019). How to cope with volatile commodity export prices: Four proposals. *Resources Policy*, 63, 101451.

Gutman, J., Kral, P., & Kuncova, M. (2022). The green energy transition and the metal intensity of growth: Implications for copper-exporting economies. *World Development*, 159, 106049.

International Energy Agency (IEA). (2021). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. Paris: IEA.

Lederman, D., & Maloney, W. F. (2018). *Why doesn't the whole world get rich? The mystery of economic growth*. The World Bank.

Sachs, J. D., & Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review*, 45(4-6), 827-838.

World Bank. (2022). *Climate-smart mining: Minerals for climate action*. The World Bank Group.