E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 8, No. 3 (2023) 714–735.

Paper Type: Original-Application Paper

Analysis of Players and Scenarios of the Iranian Aluminum Industry with a Combination of Fuzzy DEMATEL and Game Theory

Maryam Mousavi-Nogholi[1], Mohammad Taghi Rezvan[1,*]

[1] *Department of Industrial Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran; maryam.m.nogholi@gmail.com; rezvan@kashanu.ac.ir.*

Citation:

Mousavi-Nogholi, M., & Rezvan, M. T. (2023). Analysis of players and scenarios of the Iranian aluminum industry with a combination of fuzzy DEMATEL and game theory. *Journal of decisions and operations research, 8*(3), 714-735.

Received: 20/05/2022 Reviewed: 21/06/2022 Revised: 19/07/2022 Accepted: 14/08/2022

Abstract

Purpose: Futurology of the aluminum industry, as a strategic industry and one of the sustainable development pillars, is contemplated by the government strategists in order to know future against unpredictable elements. The purpose is to identify and analyze the upcoming scenarios of the aluminum industry and, finally, its market analysis, to draw a correct vision of the future and choose the appropriate strategy in this industry.

Methodology: Firstly, the key variables affecting the development of the aluminum industry are identified through interviews with experts and specialists in the industry, and the probability of variables is determined by completing a questionnaire; and then based on the extracted variables, specific scenarios are developed. The interactions of the variables will be determined using the fuzzy DEMATEL method and the matrix obtained from this method will be part of the supermatrix of the analysis network process. Game theory will be used in two forms, considering competition and or cooperation among players to analyze the aluminum industry market, such that one can find balancing points among existing situations of players' strategic options and scenarios of this industry.

Findings: The results indicate that the possibility of "increasing inflation" is the most likely and "increasing investment in the country" is the least likely variable, and "lifting sanctions" is the most influential variable and "production and export" is the most impressive variable. Five scenarios as "Iran's difficult scenario in the ordinary world", "Iran's catastrophic scenario in the ordinary world space", "disaster scenario for Iran in the difficult global space", "Iran's developing scenario in the ordinary world space", and "Iran's favorable space scenario in the difficult world space "were ranked. Three main players, namely policymakers, smalters and downstream, were identified and 13 strategic options in the form of investment, pricing, exports, and energy rates in different directions and shapes were extracted. Players' preferences in different scenarios are explained in the form of 12 modes and, selected modes are extracted for each scenario based on different equilibrium points.

Originality/Value: Futurology has been the main subject of this paper, which, by analyzing the aluminum industry and the activities of the main players active in this industry, paints a picture of the future of this industry, including the entire value chain in a five-year horizon.

Keywords: Futurology, Players analysis, Scenario analysis, Fuzzy DEMATEL, Aluminum industry, Game theory.

Corresponding Author: rezvan@kashanu.ac.ir

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۸، شماره (۳)، (۱۴۰۲)، ۷۳۵-۷۱۴

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل بازیگران و سناریوهای صنعت آلومینیوم کشور ایران با ترکیب دیمتل فازی و نظریه بازی

مریم موسوی نقلی[۱]، محمدتقی رضوان[۱،*]

[۱]گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

چکیده

هدف: آینده‌پژوهی صنعت آلومینیوم به‌عنوان یک صنعت استراتژیک و یکی از محورهای توسعه پایدار موردتوجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور است تا شناختی از آینده در قالب عناصر قابل پیش‌بینی فراهم شود. هدف این مقاله، شناسایی و تحلیل سناریوهای پیش‌روی صنعت آلومینیوم و درنهایت، تحلیل بازار آن، برای ترسیم چشم‌اندازی صحیح از آینده و انتخاب استراتژی مناسب در این صنعت است.

روش‌شناسی پژوهش: این مقاله، پس از شناسایی متغیرهای کلیدی تاثیرگذار بر توسعه صنعت آلومینیوم از طریق مصاحبه با خبرگان و متخصصان و تعیین احتمال وقوع آن متغیرها با پرسشنامه تکمیل‌شده توسط خبرگان، سناریوهای مشخصی تدوین می‌شود. اثرات متقابل متغیرها با استفاده روش دیمتل فازی تعیین خواهد شد و ماتریس حاصل از دیمتل، تشکیل‌دهنده بخشی از سوپر ماتریس فرآیند تحلیل شبکه‌ای خواهد بود. برای تحلیل بازار صنعت آلومینیوم از نظریه بازی در دو قالب درنظر گرفتن رقابت بین بازیگران و درنظر گرفتن امکان همکاری و ائتلاف بین بازیگران استفاده خواهد شد تا بتوان نقاط تعادلی در بین حالت‌های موجود از گزینه‌های استراتژیک بازیگران و سناریوهای این صنعت را جستجو کرد.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که امکان وقوع «افزایش تورم»، بیش‌ترین احتمال و «افزایش سرمایه‌گذاری در کشور»، کم‌ترین احتمال متغیر را دارد و «رفع تحریم‌ها» تاثیرگذارترین متغیر و «تولید و صادرات» تاثیرپذیرترین متغیر محسوب می‌شود. پنج سناریو به‌صورت «سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی»، «سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی، «سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی»، «سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی» و «سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی» رتبه‌بندی شدند. سه بازیگر اصلی یعنی سیاست‌گذار، اسملتر و پایین‌دست شناسایی و ۱۳ گزینه استراتژیک در قالب سرمایه‌گذاری، قیمت‌گذاری، صادرات، نرخ انرژی در جهات و شکل‌های مختلف استخراج شدند. ترجیحات بازیگران در سناریوهای مختلف بر اساس ۱۲ حالت تبیین و برای هریک از سناریوها بر اساس نقاط تعادلی مختلف، حالت‌های منتخب استخراج می‌شوند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: آینده‌پژوهی زمینه اصلی این مقاله بوده است که با تحلیل صنعت آلومینیوم و فعالیت بازیگران اصلی فعال در این صنعت، تصویری از آینده این صنعت شامل کل زنجیره ارزش در یک افق پنج‌ساله را ترسیم می‌کند.

کلیدواژه‌ها: آینده‌پژوهشی، تحلیل بازیگران، تحلیل سناریو، دیمتل فازی، صنعت آلومینیوم، نظریه بازی.

۱- مقدمه

آلومینیوم، فلز مهمی است که بدون آن دنیای صنعتی امروز غیر قابل‌تصور بوده و این گویای نقش تعیین‌کننده و استراتژیک این فلز است. این فلز با مصارف متعدد از مواد اساسی و ضروری در اقتصاد پویای جهان به شمار می‌رود [1]. هم‌چنین آلومینیوم با بیش‌ترین فراوانی در پوسته زمین، بعد از سیلیسیم، ازجمله فلزات استراتژیک است که از نظر تولید و مصرف در جهان بعد از فولاد قرار دارد. این فلز، به دلیل خصوصیات ویژه، کاربرد فراوانی در صنایع هوافضا، صنایع دریایی، صنایع حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی، صنایع بسته‌بندی و ... دارد [2].

* نویسنده مسئول

rezvan@kashanu.ac.ir

کشور ایران با دارا بودن معادن غنی بوکسیتی و غیربوکسیتی آلومینا و توان تولید برق ارزان به لحاظ دارا بودن منابع گازی فراوان و نیروی کار نسبتا ارزان دارای استعداد قوی رقابتی در صنعت آلومینیوم است. توسعه و رشد صنعت آلومینیوم در داخل و خارج از کشور می‌تواند اقتصاد ایران را ازلحاظ مقابله با سلطه اقتصاد خارجی و به‌کارگیری منابع عظیم در این حوزه یاری دهد [1].

ترسیم چشم‌اندازی صحیح از آینده و انتخاب استراتژی مناسب در صنعت آلومینیوم برای کشورها و به عبارتی آینده‌پژوهی در این زمینه، اهمیت دوچندانی دارد. از آن‌جایی‌که نمی‌توان برآورد دقیق و صحیح از آینده داشت، می‌توان حالاتی برای آن متصور شد. شناسایی شرایط آتی کلان پیش‌روی این صنعت در قالب سناریو، یکی از راه‌هایی است که موردتوجه قرار می‌گیرد. با شناخت سناریوها و رتبه‌بندی آن‌ها می‌توان درک مناسب‌تری فراهم کرد و درنهایت بر اساس سناریوها و بازیگران، بازار صنعت آلومینیوم را تحلیل کرد؛ بنابراین، شناسایی و تحلیل سناریوهای پیش‌روی صنعت آلومینیوم و درنهایت، تحلیل بازار آن، برای ترسیم چشم‌اندازی صحیح از آینده و انتخاب استراتژی مناسب، اهداف اساسی این مقاله است.

ساختار بقیه مقاله به این شرح است: در بخش دوم، ابتدا مفاهیمی هم‌چون آینده‌پژوهی و تدوین سناریو و برنامه‌ریزی آن تبیین شده و سپس پیشینه موضوع مرور می‌شود. روش پژوهش و مشخصات آن در بخش سوم ارایه خواهد شد. بخش سوم به ارایه نتایج به‌دست آمده از روش و بحث راجع به آن‌ها می‌پردازد و درنهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی به بخش پایانی مقاله تخصیص داده می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

آینده‌پژوهی، حوزه پژوهشی نسبتا جدیدی است که قلمرو آن شامل همه حوزه‌های معرفت نظری و تکاپوهای علمی آدمی است [3]. برنامه‌ریزی سناریو که یکی از روش‌های آینده‌پژوهی است، عبارت است از شرح رویدادهای آینده‌ای که تحت شرایط معین ممکن است رخ دهند. سناریوها شامل تصاویری از آینده‌های محتمل هستند که هدف از به‌کارگیری آن‌ها مورد آزمایش قرار دادن عملکرد سیاست‌ها و استراتژی‌های اتخاذشده در برابر چالش‌های موجود آینده با ایجاد و ترسیم فضایی از فضای امکان است؛ بنابراین سناریوها با کشف نظام‌مند چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌رو، در خدمت تدوین استراتژی قرار می‌گیرند [4]. درواقع، سناریوها مجموعه‌ای از روش‌های موثر سازمان‌دهی رویاها درباره آینده موردنظر است که می‌توان آن‌ها را در قالب داستان تصور کرد. به‌عبارت‌دیگر، سناریو ابزاری است برای درک فرد نسبت به محیط‌های جایگزین برای آینده که در آن ممکن است تصمیم‌گیری یک فرد، بازی داده شود [5].

در ادامه، مقالاتی که از برخی از روش‌های آینده‌پژوهی برای تجزیه‌وتحلیل کاربردهای مختلف استفاده کرده‌اند، مرور می‌شوند. جاراه [6] نتایج رکود جهانی اقتصادی را بررسی و تغییراتی که ناشی از صنعت و اقتصاد است را موجب تغییرات گسترده‌ای دانست. سپس سناریوی صنعت هواپیمایی اتحادیه اروپا را بر اساس رکود اقتصادی و تناسب با خطوط هواپیمایی کوچک ارایه داد. این سناریوها بر اساس شش راهبرد بازاریابی، ایستادگی، انطباق، حذف کردن، جنگیدن، ادغام شدن و اتحاد راهبردی طراحی شده است. شورای مشورتی پژوهش‌های هوایی اتحادیه اروپا [7]، گزارشی در زمینه صنعت هوایی ارایه کرده است که سه سناریو برای آینده شامل «مدل‌های کسب‌وکار بخشی»، «افزایش محدود ترافیک هوایی» و «محدود شدن در اتحادیه اروپا» متصور شده است. میسون و علمداری [8] به بررسی حمل‌ونقل هوایی اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۱۵ پرداختند. در این روش هشت سناریو مشخص شدند و از پنلی برای رسیدن به توافق میان خبرگان راجع به سناریوها استفاده شد. در پایان نظر کارشناسان این بود که تعداد خطوط هوایی به کمتر از ۵ عدد کاهش می‌یابد و تنها دو یا سه خط هوایی با هزینه‌های پایین وجود خواهد داشت.

واتکینس [9] به بررسی عوامل شکل‌دهی آینده شمال شرقی میشیگان پرداخت که از روش دلفی برای ساخت برنامه‌ریزی سناریو استفاده کرد. چهار اصل مهم برنامه‌ریزی سناریو را مدنظر قرار داد که عبارت هستند از «داشتن دیدگاه بلندمدت»، «تفکر از خارج به داخل»، «داشتن دیدگاه چندگانه» و «گفتن حکایت یا روایت». اجرای دلفی دو مرحله‌ای، تجزیه‌وتحلیل نتایج دلفی و تدوین سناریوهای آینده شمال شرقی میشیگان مراحل اجرای پژوهش بودند. چن [10] آینده‌پژوهی فناوری در صنعت ارتباطات و فناوری اطلاعات چین را با

روش دلفی و شبیه‌سازی پویا بررسی کرد. در این پژوهش، ضرورت گسترش زیرساخت‌های شبکه *IP* (پروتکل اینترنت[1]) به‌منظور پشتیبانی از فن‌آوری احساس شد.

کلر و هیکو [11] تاثیر فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در آینده و فرآیندهای آینده‌پژوهی را با استفاده از روش دلفی بررسی کردند. نتیجه این پژوهش، نشان داد که فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در پیشبرد و بهبود فرآیندهای آینده‌پژوهی موثر است. فارستر [12] با استفاده از آینده پژوهی شناسایی فن‌آوری‌ها و فرآیندها در صنعت خودرو آلمان را تحلیل کرد. این پژوهش با استفاده از روش دلفی، نیروی محرک اصلی برای اجرای کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در منابع و انرژی بیان شده است. هایپل و همکاران [14] تاثیر راهبردی در مذاکرات برای حل‌وفصل یک مناقشه مهم تخصصی منابع آب را با استفاده از مدل گراف برای حل تعارض[2] بررسی کردند. در این مطالعه، اختلاف بین بنگلادش و هند در رابطه با جریان بالادست رودخانه گنگ بررسی شد و نشان داده شد که *GMCR* می‌تواند یک مناقشه را در شرایطی که منافع مشترکی برای همه بازیگران وجود دارد، به یک راه‌حل به‌وضوح عقلانی‌تر هدایت کرد. حی و همکاران [13] مدل گراف سه سطحی و دوسطحی برای تحلیل مناقشه ارایه کردند؛ در این مدل، ابتدا بازیگران، پایداری و ترجیحات بازیگران تعریف شدند و سپس، با موضوع چالش دولت‌ها با مساله تغییرات آب وهوایی، مدل‌سازی و ارزیابی صورت گرفت. هایپل [14] در پژوهش خود بازتاب سه دهه توسعه مدل *GMCR*، مبانی نظری و کاربردهای آن را بررسی کرده است.

پورنبی و همکاران [15] از مدل *GMCR* برای بررسی خشک شدن تالاب هورالعظیم در سال‌های اخیر و اثرات آن‌ها بر سلامت انسان، امنیت اجتماعی و اقتصادی که منجر به بحران در منطقه می‌شود استفاده کردند، هم‌چنین با استفاده نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها را شناسایی و رتبه‌بندی کردند. قاسم‌پور و همکاران [16] انتخاب تامین‌کنندگان مناسب را با ارایه یک روش جدید برای ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان موردتوجه قرار دادند. این روش، ترکیب روش *SMART*، روش *DEMATEL* و فرآیند تحلیل شبکه‌ای در حالت فازی است.

زالی [17]، آینده‌پژوهی راهبردی و سیاست‌گذاری منطقه‌ای را مدنظر قرارداد. ابتدا ۱۴ متغیر موثر بر فرآیند توسعه، استخراج و برای این عوامل با روش سناریونویسی، ۵۹ وضعیت ممکن و محتمل در آینده یک استان تعریف شد. سپس با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار سناریو ویزارد[3] با تشکیل ماتریس ۵۹×۵۹، پنج سناریوی با احتمال وقوع بسیار بالا، ۱۹ سناریو با احتمال وقوع متوسط به بالا و ۲۹۱ سناریو با احتمال وقوع پایین و ضعیف، استخراج کرد. درنهایت، پنج سناریوی بسیار قوی و ۱۹ سناریو با احتمال وقوع متوسط به بالا را تحلیل کرد. قربانی و سرداری [18]، برای آمایش منطقه‌های مرزی با تاکید بر راهبردها و اولویت‌های برنامه‌ریزی، پژوهشی انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد در مدل نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها[4]، راهبرد تدافعی به‌عنوان استراتژی اصلی انتخاب‌شده و با بهره‌گیری از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[5] و *SWOT*، راهبردهای تهاجمی با امتیاز ۰/۸۶۱ به‌عنوان استراتژی اصلی و راهبردهای بازنگری با امتیاز ۰/۶۸۰ به‌عنوان استراتژی فرعی برگزیده شد.

غلامی و همکاران [19] با استفاده از مدل *GMCR* به ارایه راهکاری برای حل مناقشات موجود در شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود واقع در استان گیلان پرداختند. آن‌ها پس از تحلیل نهایی، دو حالت را به‌عنوان نقاط تعادل شناسایی کردند که یکی وضعیت موجود و دیگری، آبیاری نوبتی توسط کشاورزان است. سرورخواه و همکاران [20] رویکردی ماتریسی-وزنی ارایه کردند که امکان توجه هم‌زمان به ابعاد پیچیدگی و عدم قطعیت مساله را دارا بوده و در فضایی مشارکتی پیاده‌سازی می‌شود. هم‌چنین به ضعف‌های مهمی هم‌چون روش تحلیل استواری کلاسیک مربوط به بررسی تعداد اندک سناریوها، نامشخص بودن نتیجه برخی تصمیمات ازلحاظ معیارهای مختلف در قالب برخی سناریوها و عدم توجه به وزن و میزان اهمیت عوامل تشکیل‌دهنده سناریوهای آینده، توجه می‌شود. مرتضی‌پور و همکاران [21] به بررسی و ارایه راهکار برای حل مناقشه بخش مصرف پایین‌دست سد سفیدرود با استفاده از نظریه بازی‌ها و مدل *GMCR* پرداختند که با توجه به نتایج به‌دست آمده، حل این مناقشات بدون حکمرانی موثر در حوزه آبخیز سفیدرود بزرگ به‌منظور تشویق راه‌حل‌های همکارانه بین بهره‌برداران و تنبیه متخلفان امکان‌پذیر نیست.

[1] Internet Protocol (IP)
[2] Graph Model for Conflict Resolution (GMCR)
[3] Wizard scenario
[4] Strengths, Opportunities, Weaknesses, Threats (SOWT)
[5] Analytical Hierarchy Process (AHP)

صالحی و همکاران [22]، با استفاده از مدل گراف حل مناقشه، به بررسی مناقشات موجود بین چهار تصمیم‌گیرنده اصلی حوضه آبی که شامل شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی، اداره حفاظت از محیط‌زیست استان اصفهان و اداره حفاظت از محیط‌زیست استان چهارمحال و بختیاری هستند، پرداختند، سپس نتایج این بخش برای انتخاب بهترین حالت، به‌صورت سناریو در مدل *WEAP* توسعه دادند. نوری و همکاران [23]، به تحلیل تعامل بخش کشاورزی و صنعت در تخصیص آب با رویکرد بازی‌های غیرهمکارانه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاربرد مفاهیم پایداری می‌تواند کارایی مدل‌های مناقشات منابع آب را بهبود بخشد.

مرور پژوهش‌های مختلف توسط پژوهشگران این مقاله، نشان می‌دهد که در زمینه آینده‌پژوهی و تحلیل سناریو برخی خلاءهای پژوهشی وجود دارد؛ به همین دلیل پژوهش حاضر باهدف پوشش دادن خلاءهای زیر توسعه یافته است:

- برای آینده‌پژوهی و تحلیل سناریوهایی که صنعت آلومینیم در ایران و حتی سایر کشورها با آن مواجه می‌شوند، پژوهشی صورت نگرفته است.
- نظرات خبرگان در پژوهش‌های قبلی به‌صورت قطعی درنظر گرفته شده اما این پژوهش با توجه به عدم قطعیت‌ها در آینده، از رویکرد فازی برای لحاظ کردن ابهام خبرگان استفاده می‌کند.
- در پژوهش‌های پیشین، قدرت و تاثیر کلیه بازیگران برابر فرض شده است؛ اما در این پژوهش تمایل و توان هریک از بازیگران بررسی خواهد کرد.
- پژوهش‌های قبلی، برای تعیین رابطه متقابل متغیرها از روش‌های میانگین اهمیت نظرات خبرگان استفاده کردند، اما این پژوهش با استفاده از روش دیمتل فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌کند.

۳- روش پژوهش

در دنیای امروز با افزایش تغییرات و پویایی‌های مستمر در عرصه جهانی، دیگر برنامه‌ریزی‌های کلاسیک، پاسخ‌گوی نیاز مدیران نبوده و همیشه این دغدغه اصلی مدیران بوده که با توجه به تغییرات و پویایی‌های که امروزه با آن مواجه هستیم، چگونه می‌توان تصور درستی از آینده داشت یا چه سناریوهایی ممکن است در آینده اتفاق افتد و هر یک از تصمیمات و اقدامات کنونی ما چه تاثیر بر متغیرهای مهم توسعه خواهد گذاشت. آینده‌پژوهی از سال ۱۹۹۰ تاکنون در جهت برنامه‌ریزی‌های استراتژیک و شناسایی بحران‌های پیش‌رو مورداستفاده قرار گرفته است. اگرچه آینده‌پژوهی پیشگویی نمی‌کند اما رویدادهای بالقوه ناشی از تاثیرات فناوری‌ها را در آینده پیش‌بینی می‌کند. صنعت آلومینیوم به دلیل نقش زیادی که در اقتصاد جهان دارد از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور، این مقاله بر آن است که به ترسیم چشم‌اندازی صحیح از آینده و انتخاب استراتژی مناسب در حوزه‌ی آلومینیوم بپردازد تا سناریوهای پیش‌روی صنعت شناسایی و تحلیل شود و درنهایت بازار آلومینیوم تحلیل شود. این تحلیل‌ها با درنظر گرفتن فرضیات زیر صورت خواهد گرفت: ۱- صنعت آلومینیوم شامل کل زنجیره از معدن تا محصولات (لوله، پروفیل، فویل و ...) است، ۲- افق مطالعه، یک افق پنج‌ساله خواهد بود، ۳- سناریوهای پیش‌روی صنعت آلومینیوم در ایران بررسی می‌شود، لذا محدوده این تحلیل‌ها کشور ایران است و ٤- تغییرات فناوری در صنعت آلومینیوم ناچیز است.

هدف این مقاله، ایجاد تصویری از آینده صنعت آلومینیوم کشور ایران است؛ بنابراین، این مقاله، با شناسایی و رتبه‌بندی سناریوهای محتمل بر اساس متغیرهای تاثیرگذار آغاز خواهد شد و با تعیین گزینه‌های استراتژیک در هر سناریو برای بازیگران اصلی فعال، خاتمه خواهد یافت. گردآوری اطلاعات برای تحقق این هدف، مصاحبه و پرسشنامه خواهد بود. خبرگان و متخصصان صنعت آلومینیوم ایران شامل ۳۰ نفر از مدیران و مهندسین صنعت آلومینیوم و اساتید دانشگاه‌های تهران و اصفهان در حوزه سیاسی و اقتصادی هستند.

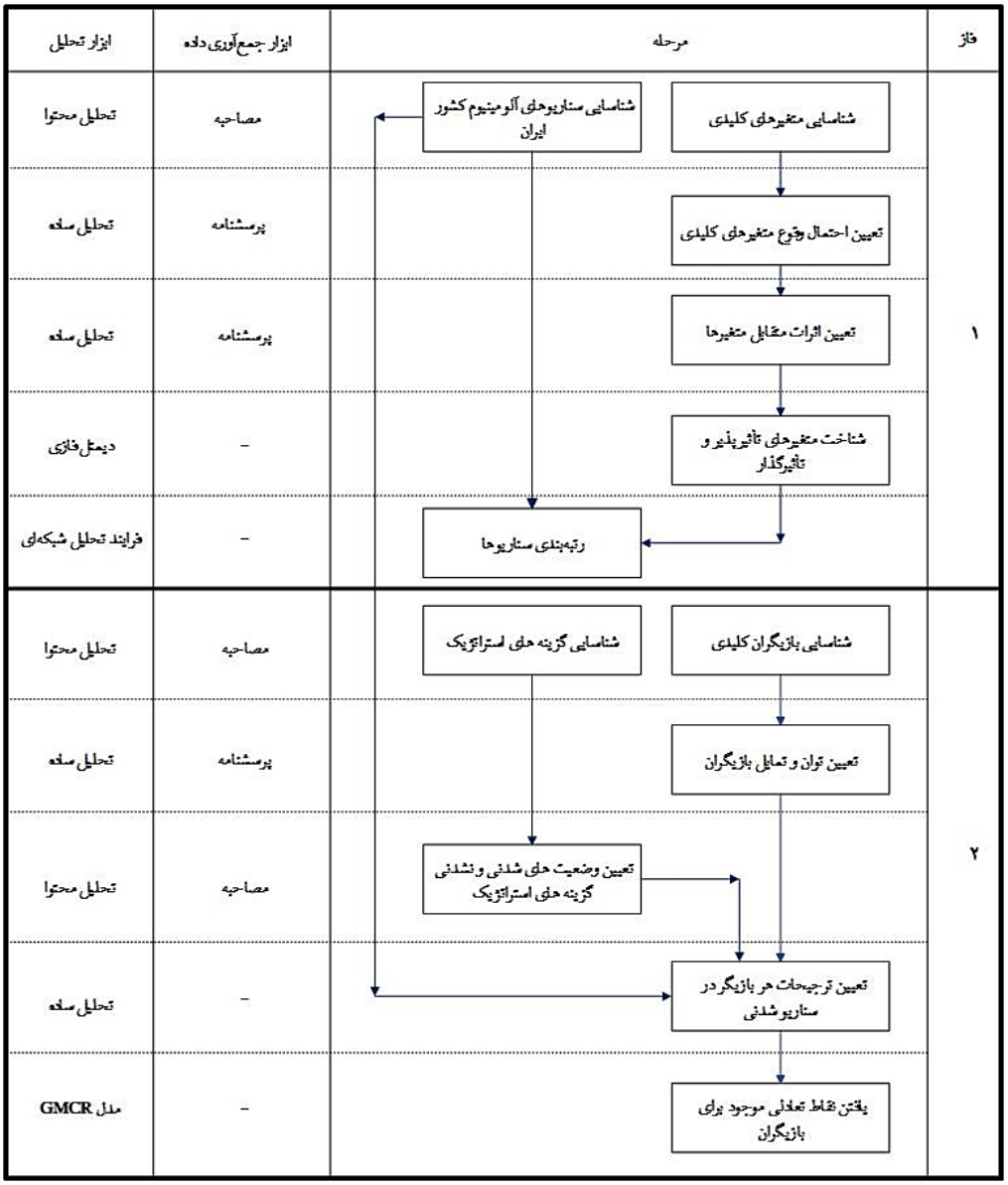
این پژوهش دارای دو فاز خواهد بود که در فاز اول، متغیرهای تاثیرگذار و سناریوهای مختلف شناسایی و رتبه‌بندی می‌شود. در فاز دوم، با استفاده از نظریه بازی، به جستجوی نقاط تعادلی در بین حالت‌های موجود گزینه‌های استراتژیک بازیگران و سناریوهای این صنعت پرداخته خواهد شد. **شکل ۱** چهارچوب بررسی و تحلیل این مساله را نمایش می‌دهد.

برای فاز اول، پنج مرحله در نظر گرفته شده است که در ادامه هریک تشریح خواهد شد.

مرحله ۱- معرفی عوامل کلیدی: متغیرهای کلیدی تاثیرگذار بر صنعت، متغیرهایی هستند که فارغ از نقش‌آفرینی بازیگران صنعت شناسایی می‌شوند. این متغیرها، در محیط نزدیک و دور صنعت بر توسعه صنعت آلومینیوم اثرگذار هستند.

مرحله ۲- سناریوها بر اساس عوامل کلیدی: در این مرحله، بر اساس عوامل کلیدی با نظر خبرگان، سناریوهای ممکن ایجاد می‌شود.

مرحله ۳- بررسی احتمال متغیرهای کلیدی: برای بررسی احتمال هریک از متغیرهای کلیدی از پرسشنامه‌ای که توسط افراد خبره تکمیل می‌شود، استفاده خواهد شد. هدف از این پرسشنامه، تعیین احتمال هر یک از متغیرهای سازنده سناریوها خواهد بود. در این پرسشنامه، احتمال وقوع هریک از متغیرها در بازه ۱ تا ۱۰ خواسته شد که عدد ۱ نشان‌دهنده حداقل احتمال (غیرممکن) و عدد ۱۰ نشان‌دهنده حداکثر احتمال (قطعی) است.



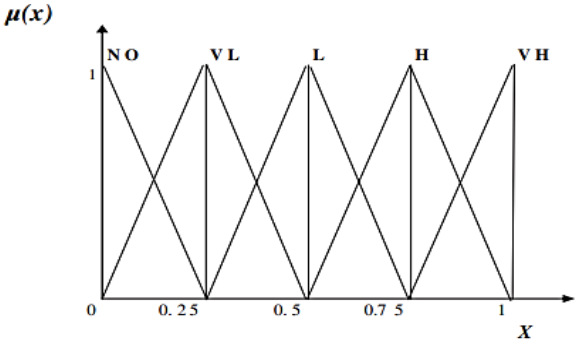
شکل ۱- شمایی از تحلیل مساله موردمطالعه.

Figure 1- A view of the analysis of the studied problem.

مرحله ٤- بررسی اثرات متقابل متغیرها: روابط میان متغیرهای اصلی مدل و الگوی روابط علی میان متغیرهای کلیدی ساخت سناریوها، با روش دیمتل فازی [24] انجام می‌شود. با استفاده از این روش، متخصصان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات میان عوامل بپردازند. این روش نشان‌دهنده یک مدل ساختاری است که روابط متقابل بین عوامل پیچیده دنیای واقعی را تبیین می‌کند. برای تشریح روش، گام‌های زیر انجام خواهد شد:

گام ۱- تشکیل گروه خبرگان برای جمع‌آوری دانش گروهی آن‌ها برای حل مساله.

گام ۲- تعیین معیارهای مورد ارزیابی و هم‌چنین طراحی مقیاس‌های زبانی: معیارهای مورد ارزیابی با توجه به حوزه‌های موردبررسی انتخاب خواهند شد. برای تصمیم‌گیری در شرایط مبهم بدون نیاز به اطلاعات دقیق و کامل می‌توان از منطق فازی استفاده کرد. منطق فازی با انعطاف‌پذیری بالا و انطباق بالا با زبان طبیعی، ارتباطات با خبرگان را هموارتر می‌کند. بررسی شرایط آینده یک فضای مبهمی برای تصمیم‌گیری و قضاوت دارد که استفاده از نظریه فازی را می‌طلبد. اعداد فازی مثلثی یکی از انواع اعداد فازی است که به علت کارایی محاسباتی بسیار بالایی بسیار مرسوم به استفاده هستند. **شکل ۲** اعداد فازی مثلثی متناظر با عبارات بیانی مورداستفاده را تبیین می‌کند [25]. **جدول ۱** نشان‌دهنده مقیاس‌های زبانی و مقادیر متناظر با آن در قالب اعداد فازی مثلثی مورداستفاده در این پژوهش است.



شکل ۲- اعداد فازی مثلثی.

Figure 2- Triangular fuzzy numbers.

جدول ۱- عبارات زبانی مورداستفاده و اعداد فازی مثلثی متناظر با آن‌ها.

Table 1- The used language expressions and their corresponding triangular fuzzy numbers.

عبارات زبانی	معادل قطعی	اعداد فازی مثلثی
بدون تاثیر	0	(0,0,0.25)
تاثیر خیلی کم	1	(0,0.25,0.5)
تاثیر کم	2	(0.25,0.5,0.75)
تاثیر زیاد	3	(0.5,0.75,1)
تاثیر خیلی زیاد	4	(0.75,1,1)

گام ۳- ایجاد ماتریس فازی ارتباط مستقیم اولیه با جمع‌آوری نظرات خبرگان: اگر روابط n معیار توسط k خبره، بررسی شود، ماتریس اولیه بررسی روابط n معیار از دیدگاه خبره kth به‌صورت **رابطه (۱)** خواهد بود.

$$\begin{bmatrix} 0 & X_{12}^{(k)} & \cdots & X_{1n}^{(k)} \\ X_{21}^{(k)} & 0 & \cdots & X_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1}^{(k)} & X_{n2}^{(k)} & \cdots & 0 \end{bmatrix}. \qquad (۱)$$

به‌طوری‌که هر درایه این ماتریس اولیه، عددی فازی مثلثی به‌صورت **رابطه (۲)** خواهد بود.

$$X_{ij}^{(k)} = \left(l_{ij}^{(k)}, \widetilde{m}_{ij}^{(k)}, u_{ij}^{(k)}\right). \qquad (۲)$$

زمانی که از دیدگاه چند تصمیم‌گیرنده استفاده می‌شود، از میانگین حسابی ساده نظرات می‌توان استفاده کرد و ماتریس ارتباط مستقیم فازی یا X تشکیل می‌شود. میانگین فازی n عدد فازی مثلثی به‌صورت **رابطه (۳)** خواهد بود.

$$F_{AVE} = \frac{\sum l}{n}, \frac{\sum m}{n}, \frac{\sum u}{n}. \qquad (۳)$$

گام ٤- نرمال‌سازی ماتریس فازی ارتباط مستقیم در این گام صورت می‌گیرد. برای نرمال‌سازی مقادیر باید مقادیر $a_i^{(k)}$ **رابطه (٤)** و $b^{(k)}$ **رابطه (۵)** محاسبه شود.

$$a_i^{(k)} = \sum X_{ij}^{(k)} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_{ij}^{(k)}, \sum_{j=1}^{n} \widetilde{m}_{ij}^{(k)}, \sum_{j=1}^{n} u_{ij}^{(k)}\right). \qquad (۴)$$

$$b^{(k)} = max\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}^{(k)}\right); 1 \le i \le n. \quad (۵)$$

با تقسیم درایه‌های ماتریس X بر بیشینه مقادیر $\sum u_{ij}$ ماتریس نرمال فازی $\widetilde{N}$ به‌دست خواهد آمد. بنابراین ماتریس نرمال‌شده به‌صورت **رابطه (٦)** خواهد بود.

$$\begin{bmatrix} \widetilde{N}_{11}^{(k)} & \widetilde{N}_{12}^{(k)} & \cdots & \widetilde{N}_{1n}^{(k)} \\ \widetilde{N}_{21}^{(k)} & \widetilde{N}_{22}^{(k)} & \cdots & \widetilde{N}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{N}_{n1}^{(k)} & \widetilde{N}_{n2}^{(k)} & \cdots & \widetilde{N}_{nn}^{(k)} \end{bmatrix}. \quad (۶)$$

به‌طوری‌که هر درایه ماتریس نرمال به‌صورت **رابطه (۷)** خواهد بود.

$$\widetilde{N}_{ij}^{(k)} = \left(X_{ij}^{(j)}\right) \Big/ b^{(k)} = \left(\frac{l_{ij}^{(k)}}{b^{(k)}}, \frac{\widetilde{m}_{ij}^{(k)}}{b^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{b^{(k)}}\right). \quad (۷)$$

گام ۵- در این گام، ماتریس فازی ارتباط کامل محاسبه می‌شود. برای محاسبه این ماتریس از رابطه $N \times \ I - N)^{-1}$ استفاده می‌شود. در روش دیمتل فازی، ماتریس نرمال فازی به سه ماتریس قطعی واقع در **رابطه (۸)** تا **رابطه (۱۰)** افراز خواهد شد.

$$N_l = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (۸)$$

$$N_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (۹)$$

$$N_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (۱۰)$$

سپس ماتریس همانی I_{n*n} تشکیل و عملیات **رابطه (۱۱)** تا **رابطه (۱۴)** انجام می‌شود.

$$T_l = N_l \times \ I - N_l)^{-1}. \quad (۱۱)$$

$$T_m = N_m \times \ I - N_m)^{-1}. \quad (۱۲)$$

$$T_u = N_u \times \ I - N_u)^{-1}. \quad (۱۳)$$

$$t_{ij} = \left(t_{ij}^{l}, t_{ij}^{m}, t_{ij}^{u}\right). \quad (۱۴)$$

گام ۶- در این گام، نمودار علت و معلولی ایجاد و تجزیه‌وتحلیل می‌شود؛ بدین ترتیب که ابتدا جمع عناصر هر سطر (D) و جمع عناصر هر ستون (R) از ماتریس فازی محاسبه می‌شود. جمع عناصر هر سطر برای هر متغیر، نشانگر میزان تاثیرگذاری آن متغیر بر سایر متغیرهای سیستم است و جمع عناصر ستون برای هر متغیر نشانگر میزان تاثیرپذیری آن متغیر از سایر متغیرهای سیستم است.

مرحله ۵- رتبه‌بندی سناریوها: به‌منظور رتبه‌بندی سناریوها، از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای[1] فازی استفاده شده است. روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که اگر مساله‌ای وجود داشته باشد که در آن معیارها دارای رابطه باهم باشند یا زیرمعیارها دارای روابط داخلی باشند، از این نوع روش می‌توان استفاده کرد. ماتریسی که بر اساس روابط و ضرایب به‌دست آمده از روش دیمتل فازی، حاصل شده است، سوپرماتریس نامیده می‌شود. درنهایت با توان رساندن سوپرماتریس، اوزان نهایی به‌دست می‌آید و بر اساس آن، سناریوها رتبه‌بندی خواهند شد. به عبارتی، روش دیمتل به‌طور مستقل عمل نمی‌کند؛ بلکه به‌عنوان زیرسیستمی از فرآیند تحلیل شبکه‌ای کاربرد دارد.

در فاز دوم پژوهش، به‌منظور تحلیل بازار صنعت آلومینیوم از روش *GMCR* که نوعی از روش‌های تئوری بازی است استفاده خواهد شد. تحلیل فرآیند بازار صنعت آلومینیوم در *GMCR*، به دو روش درنظر گرفتن رقابت بین بازیگران و درنظر گرفتن امکان همکاری و ائتلاف

[1] Analytic Network Process (ANP)

انجام می‌گیرد [26]. در این پژوهش نیز همکاری بازیگران و رقابت بین آن‌ها نیز درنظر گرفته شده است. این فاز نیز پنج مرحله دارد که هریک از این مراحل در ادامه تشریح خواهد شد.

مرحله ۱- روش‌های مختلف بررسی وضعیت تعادل بازی: پس از انجام مدل‌سازی، جهت انجام تحلیل‌های تعادل و یافتن وضعیت های پایدار و نقاط تعادل مناقشه در *GMCR*، از تعاریف تعادل غیرهمکارانه با نام‌های تعادل نش[1]، *GMR*[2]، *SMR*[3]، *SEQ*[4]، تعادل *Limited-Move* و تعادل *Non-Myopic* است، استفاده می‌شود.

فرآیند حل مناقشه در *GMCR*، شامل دو مرحله اصلی مدل‌سازی و تحلیل است. در مرحله مدل‌سازی، ابتدا تصمیم‌گیرندگان و گزینه های آنان تعریف می‌شوند. سپس، وضعیت‌هایی که رخ دادن آن‌ها در واقعیت ممکن نیست، از مجموعه کل وضعیت‌های مناقشه حذف می‌شوند. در ادامه، وضعیت‌هایی که هر تصمیم‌گیرنده می‌تواند از هر وضعیت اولیه به آن‌ها حرکت کند، مشخص‌شده و آنگاه وضعیت های ممکن مناقشه بر اساس اولویت‌های بازیکنان، رتبه‌بندی می‌شوند. بعد از ایجاد مدل مناقشه، با استفاده از مفاهیم حل غیرهمکارانه، وضعیت‌های پایدار برای هر بازیکن و درنهایت نقاط تعادل مناقشه، شناسایی می‌شوند. **جدول ۲**، به مقایسه و تشریح ویژگی‌های مفاهیم حل غیرهمکارانه در *GMCR* می‌پردازد.

جدول ۲- مشخصات حل غیرهمکارانه در GMCR.

Table 2- Specification of non-cooperative solution in GMCR.

روش‌ها	پیش‌بینی	تمایل به پسرفت	آگاهی از عملکرد دیگران
NS	یک حرکت	خیر	خیر
GMR	دو حرکت	محدود به رقبا	خیر
SMR	سه حرکت	محدود به رقبا	خیر
SEQ	دو حرکت	خیر	بلی
LM	h حرکت (متغیر)	بلی	بلی
NM	نامحدود	بلی	بلی

مرحله ۲- شناسایی بازیگران و گزینه‌های پیش‌روی بازیگران: سازمان‌ها و نهادهایی که با تصمیمات خود می‌توانند صنعت آلومینیوم را تحت تاثیر قرار دهند به‌عنوان بازیگران این صنعت شناخته می‌شوند. هم‌چنین بر اساس نظر خبرگان، گزینه‌های استراتژیک هر یک از بازیگران انتخاب خواهد شد.

مرحله ۳- شناسایی وضعیت‌های نشدنی و شدنی گزینه‌ها برای بازیگران: بدیهی است که برخی از گزینه‌های استراتژیک بازیگران، با یکدیگر در تناقض هستند و مقایسه دوبه‌دو آن‌ها نشان می‌دهد که هم‌زمان قابل‌جمع و قابل نفی نیستند. عمده این وضعیت‌ها در شکل‌هایی است که یکی از بازیگران قادر نیست هم‌زمان دو حالت متناقض را رفتار کند.

مرحله ۴- ترجیحات بازیگران: برای تعیین ترجیحات بازیگران در نظریه بازی، روش‌های مختلفی شامل ترجیح مستقیم، اولویت‌بندی راهبردها و وزن دهی به راهبردها وجود دارد. در این بازی هم ترجیحات هر یک از بازیگران رتبه‌بندی خواهد شد. برای این منظور، ترجیح هر یک از بازیگران نسبت به گزینه‌های خود و گزینه‌های دیگران مدنظر قرار می‌گیرد و سپس وضعیت‌ها بر همین مبنا درجه‌بندی می‌شوند.

مرحله ۵- تعیین نقاط تعادل: برای به‌دست آوردن وضعیت تعادل بازی، ابتدا باید وضعیت‌های پایدار برای هر بازیگر را به‌دست آورد. وضعیت پایدار یعنی وضعیتی که بازیگر تمایلی برای خروج از آن حالت نداشته باشد.

[1] Nash equilibrium
[2] General Meta Rationality (GMR)
[3] Symmetric Meta Rationality (SMR)
[4] Sequential Stability (SEQ)

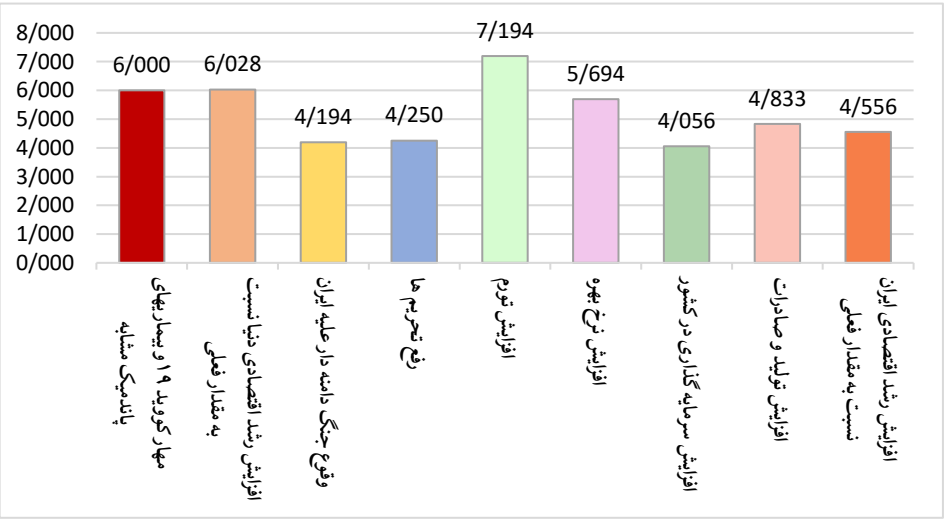
۴- نتایج پژوهش

هشت متغیر کلیدی با استفاده از مصاحبه با خبرگان شناسایی شدند که عبارت هستند از «مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه»، «افزایش رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی»، «وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران»، «رفع تحریم‌ها»، «افزایش تورم و نرخ بهره»، «افزایش سرمایه‌گذاری در کشور»، «افزایش تولید و صادرات» و «افزایش رشد اقتصادی ایران نسبت به مقدار فعلی».

شش سناریو بر اساس عوامل کلیدی تعیین شدند که به ترتیب تحت عنوان «سناریو پایه»، «سناریو فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی»، «سناریو فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی»، «سناریو دشوار ایران در فضای معمول جهانی»، «سناریو ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی» و «سناریو فاجعه ایران در فضای معمول جهانی» شناخته می‌شوند. جزییات این شش سناریو در ادامه ارایه خواهد شد.

۱. سناریو پایه: عدم مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصاد پایین جهانی، عدم وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، تداوم تحریم‌ها، تورم و نرخ بهره بالا و رشد اقتصادی پایین کشور.
۲. سناریو فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی: عدم مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصاد پایین جهانی، عدم وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، رفع تحریم‌ها، رشد سرمایه‌گذاری در کشور و افزایش تولید و صادرات.
۳. سناریو فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی: عدم مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصاد پایین جهانی، وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، تداوم تحریم‌ها، تورم و نرخ بهره بالا و رشد اقتصادی منفی کشور.
٤. سناریو دشوار ایران در فضای معمول جهانی: مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصادی مطلوب جهان، عدم وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، تداوم تحریم‌ها، تورم و نرخ بهره بالا و رشد اقتصادی پایین کشور.
٥. سناریو ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی: مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصادی مطلوب جهان، عدم وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، رفع تحریم‌ها، رشد سرمایه‌گذاری در کشور و افزایش تولید و صادرات.
٦. سناریو فاجعه ایران در فضای معمول جهانی: مهار ویروس کرونا و بیماری‌های پاندمیک مشابه، رشد اقتصادی مطلوب جهان، وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران، تداوم تحریم‌ها، تورم و نرخ بهره بالا و رشد اقتصادی منفی کشور.

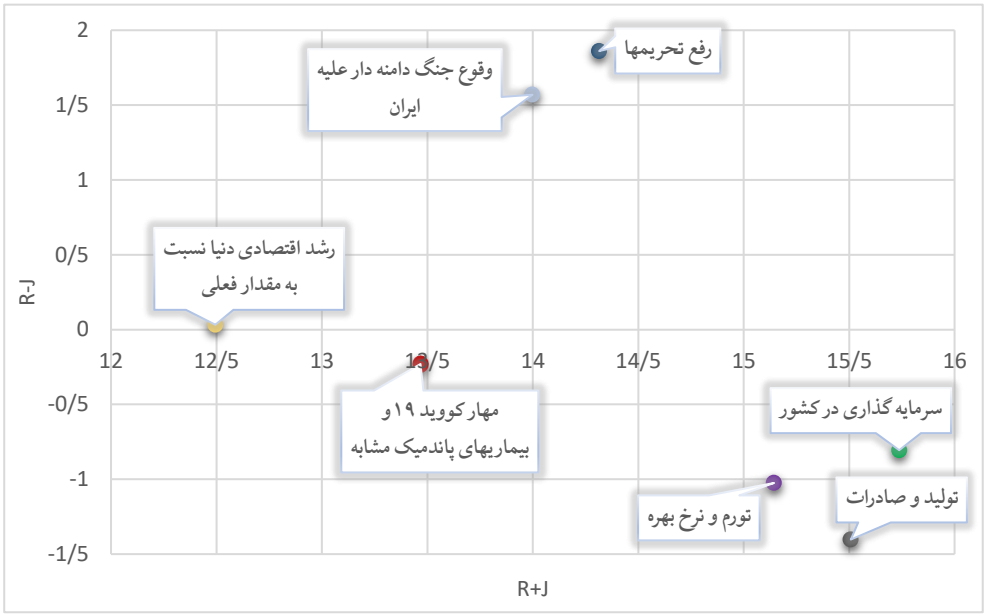
نتیجه‌ی پرسشنامه احتمال وقوع هریک از متغیرهای کلیدی بر اساس نظر خبرگان در **شکل ۳** نشان داده شده است. همان‌طور که در **شکل ۳** نشان داده شده است، امکان وقوع «افزایش تورم»، بیش‌ترین احتمال و «افزایش سرمایه‌گذاری» در کشور، کم‌ترین احتمال را طی پنج سال آتی دارد. با توجه به نتیجه گام‌های روش دیمتل فازی **جدول ۳** نشان‌دهنده ماتریس ارتباط مستقیم، **جدول ۴**، نشان‌دهنده ماتریس روابط کل و **جدول ۵** نشان‌دهنده مقادیر D و R معیارها است.



شکل ۳- احتمال وقوع هریک از متغیرهای کلیدی بر اساس نظر خبرگان.

Figure 3- The occurrence probability of each of the key variables based on the opinion of experts.

با استفاده از **جدول ۵**، یک دستگاه مختصات دکارتی که در **شکل ۴** نشان داده می‌شود، ترسیم شده است که در این دستگاه، محور طولی مقادیر $D+R$ و محور عرضی مقادیر $D-R$ را نشان می‌دهد. بردار افقی در دستگاه مختصات، میزان تاثیر و تاثر متغیر موردنظر در سیستم است. به‌عبارت‌دیگر، هرچه این مقدار برای یک متغیر بیشتر باشد، آن متغیر تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد و بردار عمودی دستگاه مختصات، قدرت تاثیرگذاری هر متغیر را نشان می‌دهد. به‌طورکلی، اگر این مقدار برای یک متغیر مثبت باشد، یک متغیر علی محسوب شده و اگر منفی باشد، یک متغیر معلول محسوب می‌شود.



شکل ۴- نمودار علی معیارها.
Figure 4- Causal diagram of criteria.

بر اساس **شکل ۴**، رفع تحریم‌ها تاثیرگذارترین متغیر و «تولید و صادرات» تاثیرپذیرترین متغیر به‌حساب می‌آید و «متغیر سرمایه‌گذاری» در کشور بیش‌ترین ارتباط را با دیگر عوامل دارد. هم‌چنین بر اساس روابط و ضرایب به‌دست آمده از روش دیمتل فازی، سوپرماتریس ساخته شد و درنهایت اوزان نهایی سناریوها به‌دست آمد که در **جدول ۶** مشاهده می‌شود.

جدول ۳- ماتریس ارتباط مستقیم.

Table 3- Direct-relation fuzzy matrix.

ماتریس	مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه			رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی			وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران			رفع تحریم‌ها			تورم و نرخ بهره			سرمایه‌گذاری در کشور			تولید و صادرات			مجموع		
مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه	0	0	0	4.96	4.14	3.14	3.29	2.29	1.57	3.14	2.14	1.43	4.25	3.36	2.36	4.25	3.29	2.29	4.39	3.46	2.46	24.28	18.68	13.25
رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی	4.11	3.18	2.32	0	0	0	3.54	2.57	1.86	3.29	2.29	1.64	3.93	2.93	2.07	4.18	3.21	2.25	4.21	3.21	2.29	23.26	17.39	12.43
وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران	3.61	2.68	2.04	3.54	2.57	1.79	0	0	0	4.32	3.54	2.57	4.82	4.29	3.29	4.82	4.43	3.43	4.82	4.46	3.46	25.93	21.97	16.58
رفع تحریم‌ها	4.64	3.75	2.79	4.29	3.46	2.57	0	0	0	0	0	0	4.89	4.21	3.21	4.96	4.57	3.57	4.93	4.5	3.5	27.21	23.03	17.32
تورم و نرخ بهره	4.25	3.25	2.29	3.86	2.89	2.11	3.54	2.54	1.79	3.68	2.68	1.79	0	0	0	4.89	4.14	3.14	5	4.36	3.5	25.22	19.86	14.62
سرمایه‌گذاری در کشور	4.25	3.32	2.39	3.5	2.5	1.64	4.29	3.32	2.39	4.36	3.43	2.5	4.46	4.14	3.14	0	0	0	4.93	4.32	3.32	26.19	21.03	15.39
تولید و صادرات	3.93	2.96	2.11	3.57	2.61	1.79	3.93	2.93	2.04	4	3	2.07	4.93	4.11	3.11	4.89	4.11	3.11	0	0	0	25.25	19.72	14.23

جدول ۴- ماتریس روابط کل.

Table 4- Total-relation fuzzy matrix.

ماتریس	مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه			رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی			وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران			رفع تحریم‌ها			تورم و نرخ بهره			سرمایه‌گذاری در کشور			تولید و صادرات			جمع سطری		
مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه	1.71	0.8	0.61	1.75	0.88	0.7	1.7	0.82	0.63	1.69	0.81	0.61	2.02	1.07	0.86	2.03	1.09	0.87	2.06	1.12	0.91	12.99	6.61	5.21
رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی	1.78	0.88	0.7	1.54	0.69	0.52	1.65	0.79	0.62	1.65	0.78	0.60	1.95	1.01	0.81	1.97	1.04	0.84	1.9	1.06	0.87	12.55	6.26	4.99
وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران	1.94	1.05	0.87	1.82	0.95	0.77	1.70	0.86	0.68	1.84	0.99	0.81	2.16	1.27	1.09	2.18	1.3	1.12	2.20	1.33	1.16	13.86	7.78	6.52
رفع تحریم‌ها	2.04	1.12	0.93	1.89	0.99	0.79	1.93	1.02	0.84	1.7	0.89	0.70	2.25	1.31	1.12	2.27	1.35	1.16	2.29	1.37	1.20	14.44	8.08	6.76
تورم و نرخ بهره	1.91	0.98	0.79	1.78	0.89	0.70	1.77	0.87	0.70	1.77	0.88	0.69	1.96	1.01	0.82	2.13	1.18	0.99	2.15	1.21	1.04	13.49	7.05	5.76
سرمایه‌گذاری در کشور	1.97	1.03	0.83	1.83	0.92	0.72	1.8	0.94	0.76	1.85	0.95	0.76	2.18	1.22	1.02	2.04	1.09	0.89	2.22	1.28	1.09	13.96	7.46	6.09
تولید و صادرات	1.91	0.97	0.77	1.78	0.88	0.68	1.79	0.89	0.70	1.79	0.89	0.69	2.12	1.16	0.96	2.13	1.18	0.98	2	1.05	0.86	13.53	7.05	5.68
جمع ستونی	13.2	6.84	5.54	12.4	6.23	4.90	12.4	6.21	4.94	12.3	6.22	4.89	14.6	8.08	6.71	14.7	8.27	6.88	14.9	8.45	7.15	-	-	-

جدول ۵- مقادیر D و R معیارها.

Table 5- D and R values for criteria.

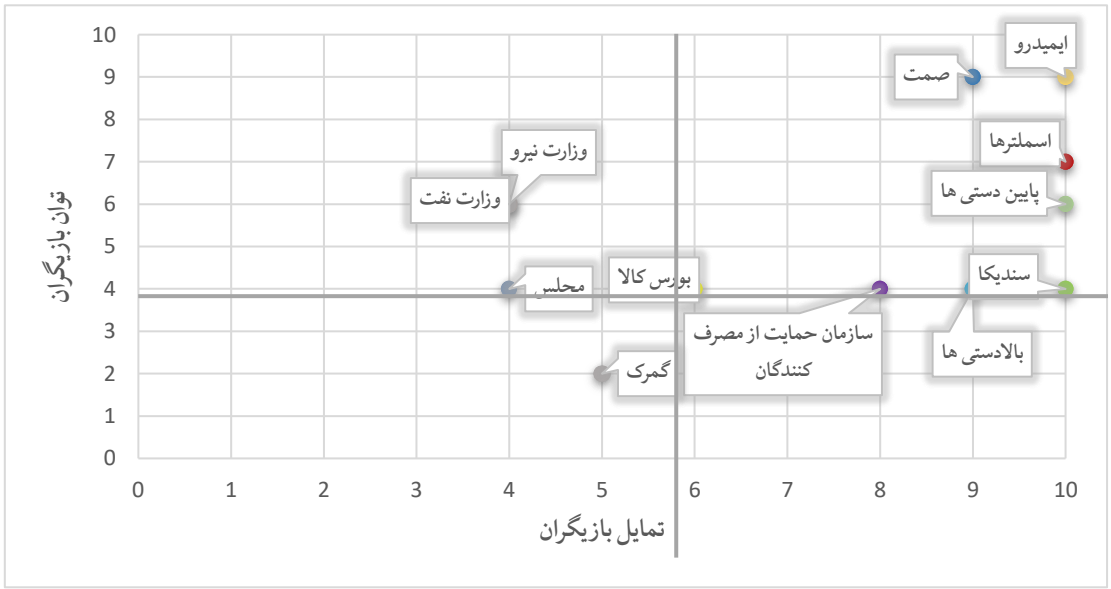
نتیجه	D	R	D+R	D-R
رفع تحریم‌ها	8.08	6.22	14.30	1.86
وقوع جنگ دامنه‌دار علیه ایران	7.78	6.21	13.99	1.57
سرمایه‌گذاری در کشور	7.46	8.27	15.73	-0.81
تورم و نرخ بهره	7.05	8.08	15.13	-1.03
تولید و صادرات	7.05	8.45	15.50	-1.40
مهار کووید ۱۹ و بیماری‌های پاندمیک مشابه	6.61	6.84	13.45	-0.23
رشد اقتصادی دنیا نسبت به مقدار فعلی	6.26	6.23	12.49	0.03

جدول ۶- وزن سناریوها.

Table 6- Weight of scenarios.

ردیف	سناریوها	وزن
1	سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی	0.827
2	سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی	0.442
3	سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی	0.263
4	سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی	0.096
5	سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی	0.056

پس از بررسی تغییرات بازار در سال‌های گذشته و مصاحبه با خبرگان، ابتدا ۱۲ بازیگر شناسایی شدند و سپس با استفاده از پرسشنامه‌ای، تمایل و توان هر یک از بازیگران بررسی شد که نتیجه‌ی آن در **شکل ۵** نشان داده شده است.



شکل ۵- تمایل و توان بازیگران.

Figure 5- Willingness and ability of players.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از **شکل ۵**، چهار بازیگر با بیش‌ترین تمایل و توان شناسایی شدند. از آن‌جایی‌که ایمیدرو و صمت جز بازیگران متحد هستند، در تحلیل‌های نهایی به‌عنوان یک بازیگر و با عنوان سیاست‌گذار در تحلیل تئوری‌های بازی استفاده شدند. با مصاحبه از خبرگان، گزینه‌های استراتژیک برای هریک از بازیگران تعیین شد که در **جدول ۷** نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ۳ بازیگر اصلی و ۱۳ گزینه استراتژیک برای بازیگران درنظر گرفته شده است.

آن‌چه از نظرات خبرگان استنباط می‌شود، این است که انگیزه‌ها در سیاست‌گذار می‌تواند متغیر باشد. برخی اقدامات اقتصادی و برخی اقدامات سیاسی هستند؛ اما به‌طورکلی می‌توان اقدامات اصلی سیاست‌گذار را به چند دسته تقسیم کرد. گروه اول، فعالیت‌هایی است که

در راستای توسعه اسملترها (نوعی از آلومینا که از هیدروکسید آلومینیوم و با استفاده از کوره‌های دوار تولید می‌شود و تولیدکنندگان اسمتلر، ایرالکو و المهدی هستند) صورت می‌گیرد. سابقه نشان داده است که مهم‌ترین سرمایه‌گذار در بخش اسملترها و بالادست، دولت خواهد بود و با توجه به شرایط حاکم بر اقتصاد و کشور، به‌غیراز دولت، سرمایه‌گذار دیگری در این حوزه وجود ندارد؛ چرا که ریسک سرمایه‌گذاری به دلیل تحولات اقتصادی و سیاسی بالا خواهد بود؛ بنابراین سرمایه‌گذاران بخش خصوصی اعم از داخلی و خارجی، در حوزه اسملترها ورود نمی‌کنند. لذا تصمیم برای توسعه اسملترهای جدید در کشور، در اختیار دولت قرار دارد. دولت می‌تواند قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست انجام دهد، طبیعتا در چنین شرایطی دولت باید به دنبال توسعه محصولات پایین‌دستی و حمایت از مصرف‌کننده باشد. هم‌چنین قیمت‌گذاری می‌تواند به نفع بالادست باشد؛ چرا که سیاست‌گذار به دنبال حفظ این صنعت است. در دو سه سال اخیر، این اقدام بیشتر موردتوجه قرار گرفته است تا با این حمایت، ثبات نسبی در بالادست وجود داشته باشد. ضمن این‌که در چنین حالتی، دولت از عواید حاصل از این اقدام به‌صورت مستقیم استفاده می‌کند که به نسبت اقدام قبلی، فشار کمتری نیز از سوی لابی‌های اسملترها حس می‌کند و مهم‌تر این‌که برخلاف پایین‌دست، دولت مالکیت و مدیریت اسملترها را در اختیار دارد و این سبب می‌شود که ناخودآگاه اتحاد استراتژیک بیشتری با این بازیگر داشته باشد. علاوه بر این، باید توجه داشت دولت با قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست و بالادست، عملا توازن میان زنجیره را بر هم می‌زند و لذا این اقدامات در بلندمدت دچار تغییرات می‌شوند و پس از گذشت مدتی معمولا اقدامات اصلاحی و تعدیل‌کننده در راستای قیمت‌گذاری انجام می‌شود.

جدول ۷- بازیگران اصلی و گزینه‌های استراتژیک آن‌ها.
Table 7- Main players and their strategic options.

بازیگران اصلی	وقوع
سیاست‌گذار	سرمایه‌گذاری برای اسملترهای جدید
	قیمت‌گذاری دستوری به نفع پایین‌دست
	قیمت‌گذاری دستوری به نفع بالادست
	قیمت‌گذاری آزاد
	سرمایه‌گذاری توسعه بالادست (آلومینا)
	افزایش نرخ انرژی
	محدود کردن صادرات شمش
اسملتر	سرمایه‌گذاری در پایین‌دست
	چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع بالادست
	صادرات نامحدود
	چانه‌زنی برای جلوگیری از افزایش قیمت انرژی
پایین‌دست	افزایش صادرات محصولات نهایی
	چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست

سومین اقدام سیاست‌گذار، قیمت‌گذاری آزاد است که با ماهیت سیاست‌گذار و ماموریتش تطابق بیشتری دارد. این اقدام اگرچه در بلندمدت به نفع شرایط اقتصادی است، اما عملا کمتر موردتوجه دولت‌ها قرار می‌گیرد؛ به این دلیل که سیاست‌های حمایتی از سرمایه‌گذاری‌های دولت و یا حمایت از مصرف‌کننده همگی در تصمیم‌گیری‌های سیاست‌گذار دخیل است.

گروه سوم، تصمیم سیاست‌گذار برای سرمایه‌گذاری در بالادست است. در سال‌های گذشته، اگرچه آلومینای ایران (جاجرم) مهم‌ترین سرمایه‌گذاری دولت در این بخش بوده است؛ اما این مجموعه تنها حدود ۱۰% نیاز به آلومینای اسملترها را تامین می‌کند؛ بنابراین سیاست‌گذار از سالیان گذشته به دنبال سرمایه‌گذاری در این بخش بوده است. توجه کمتری به این بخش از زنجیره به نسبت دیگر قسمت‌ها بوده است و در زنجیره تولید داخلی، این بخش نسبت به دیگر بخش‌ها مغفول مانده است.

با توجه به برندهای موجود جهانی در حوزه تامین بوکسیت و آلومینا، اهمیت سرمایه‌گذاری در این بخش بر سیاست‌گذار مشخص شده است. بااین‌حال، کمبود منابع مالی و دسترسی محدود به فناوری مهم‌ترین موانع این اقدام بوده است. از آن‌جایی‌که انرژی، بخش عمده‌ای از بهای تمام‌شده شمش آلومینیوم را تشکیل می‌دهد، قیمت‌گذاری بهای انرژی، اثرات قابل‌توجهی بر صنعت و زنجیره خواهد داشت. سیاست‌گذار از یک سو با توجه به وضعیت اقتصادی، چاره‌ای به جز افزایش نرخ انرژی ندارد و از سوی دیگر، افزایش نرخ انرژی سبب ایجاد شوک در صنایع مادر همانند صنعت آلومینیوم خواهد شد. در چنین شرایطی، دولت هر دو تا سه سال سیاست تعدیلی در پیش می‌گیرد، به‌صورت از افزایش نرخ انرژی جلوگیری می‌کند و پس از تجمیع فشاری قیمت، ناگهان آن را آزاد می‌کند و این سیاست

دوگانه، عملا صنعت را در مواجهه به تلاطم‌های اقتصادی، آسیب‌پذیری می‌کند. بااین‌حال، این گزینه استراتژیک هم‌چنان در اختیار سیاست‌گذار است و می‌تواند نرخ انرژی را بر اساس نرخ‌های نزدیک به نرخ آزاد قیمت‌گذاری کند.

از دیگر گزینه‌های استراتژیک پیش‌روی سیاست‌گذاری، محدود کردن صادرات شمش است. این اقدام به‌منظور حمایت از بازار و تقاضای داخلی است. در دو دهه گذشته وجود تحریم‌ها که هزینه مضاعفی را به واردات محصولات وارد کرده است، این اقدام را به‌عنوان گزینه‌ای برای حمایت از تامین نیازهای داخل در اختیار سیاست‌گذار قرار داده است.

بازیگر کلیدی دیگر این صنعت، اسملترها هستند. یکی از اقدامات مهمی که می‌تواند زنجیره و توازن را دچار تغییر اساسی کند، ورود اسملترها برای سرمایه‌گذاری در پایین‌دست و محصولات پس از شمش است. تاکنون بنا به دلایل گوناگون، اسملترها از این اقدام خودداری کرده‌اند. ازجمله این دلایل، این‌که دولت این بخش را از این اقدام بر حذر کرده و اسملترها به‌شدت درگیر تامین مواد اولیه هستند و عملا فرصت چنین اقدامی ندارند؛ اما باید توجه داشت در صورت ورود اسملترها به پایین‌دست، صنایع پایین‌دست که عمدتا شرکت‌های کوچک و متوسط هستند، توان رقابت با اسملترها را به لحاظ حجم تولید و فناوری تولید ندارند و این سبب تغییر معادلات در زنجیره خواهد شد.

از اقدامات دیگر اسملترها می‌توان به چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری شمش دانست. این شرکت‌ها اگرچه ذیل دولت فعالیت می‌کنند، اما ساختار و روابط غیررسمی و قدرت نفوذ قابل‌توجهی دارند. هم‌چنین سیاست‌گذار داری ساختار منسجم و یکپارچه نیست و از بخش‌های مختلف حاکمیتی و قانون‌گذاری تشکیل شده است که الزاما دارای نگاه‌ها و رویکردهای واحد در سیاست‌گذاری‌ها نیستند. ازاین‌رو اسملترها می‌توانند در ارتباط با قیمت‌گذاری چانه‌زنی انجام دهند. به‌عبارت‌دیگر، سیاست‌گذار نمی‌تواند اسملترها را در این مساله نادیده بگیرد، بنابراین اسملترها در برابر اقدامات سیاست‌گذار از خود واکنش نشان می‌دهند. اقدام استراتژیک دیگر اسملترها، توجه به صادرات است. صادرات از چند جنبه برای اسملترها، جذاب و حتی ضروری است. اول، کسب درآمد ارزی است. دوم، صادرات این ابزار را در اختیار اسملترها قرار می‌دهد که شمش را با مواد اولیه موردنیاز خود تهیه کنند؛ اما بااین‌وجود، اگر قیمت‌گذاری در داخل به نفع آن‌ها انجام شود، صادرات خود را به‌صورت نامحدود پیگیری کنند. چنان‌چه در حال حاضر، این اتفاق افتاده و قیمت فروش شمش داخلی از قیمت صادراتی گران‌تر است. درنهایت، آخرین اقدام استراتژیک اسملترها، چانه‌زنی برای جلوگیری از افزایش قیمت انرژی یا تعدیل قیمت انرژی است. در این زمینه نیز این بازیگر، ابزارهایی برای چانه‌زنی در اختیار دارد.

پایین‌دست زنجیره نیز دو گزینه استراتژیک در اختیار دارد. اول این‌که توجه بیشتر به بازار خارجی به جای بازار داخلی است. بازارهای اطراف زمینه مناسبی برای صادرات فراهم می‌کند و کسب درآمد ارزی، پایین‌دست را به این سمت سوق می‌دهد که محصولات خود را صادر کند. ضمن این‌که پایین‌دست کانال‌هایی برای چانه‌زنی در اختیار دارد که از آن جمله می‌توان به سندیکای صنعت آلومینیوم اشاره کرد.

اشاره شد، ۱۳ گزینه وجود دارد که با درنظر گرفتن انتخاب یا عدم انتخاب آن توسط بازیگران، جمعا 2^{13} (۸۱۹۲) وضعیت به وجود می‌آید. پس از اعمال وضعیت‌های نشدنی، ۸۱۸۰ حالت حذف شد و درمجموع ۱۲ حالت باقی ماند. گفتنی است که وضعیت‌های نشدنی در جلسات خبرگی با حضور تیم تحلیل صورت گرفت. در **جدول ۸**، حالت‌های ممکن برای بازیگران مشخص شده است. در این جدول حرف Y به معنای بله برای حالت‌های ممکن و حرف N به معنای خیر برای حالت‌های نشدنی استفاده شده است.

در ادامه هر یک از ۱۲ حالت به‌طور خلاصه تشریح خواهد شد. در حالت نخست، سیاست‌گذار به دنبال قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست است و گزینه افزایش نرخ را پیگری می‌کند. در چنین حالتی، دولت در اسملترهای جدید سرمایه‌گذاری نمی‌کند و هم‌چنان مسیر تامین مواد اولیه را از خارج کشور قرار می‌دهد. این اقدام سبب می‌شود که دولت به‌نوعی فشار حداکثری به اسملترها بیاورد و به‌نوعی حمایت از پایین‌دست خواهد بود. طبیعتا، این سیاست، عکس‌العمل اسملترها را به دنبال دارد. کانال‌های لابی‌گری اسملترها در حوزه قیمت‌گذاری شمش و انرژی فعال می‌شود. برآورد این است که این حالت نمی‌تواند در بلندمدت پایدار بماند. پایین‌دست نیز با توجه به این‌که اقدامات سیاست‌گذاری به نفع اوست، اقدام خاصی را انجام نمی‌دهد.

در حالت دوم، دولت قیمت‌گذاری آزاد را انجام می‌دهد و نرخ انرژی افزایش می‌یابد؛ به‌عبارت‌دیگر، در این حالت سیاست‌گذار از تصدی‌گری در صنعت کنار می‌کشد. از آن‌جایی که عمده تصدی‌گری در سال‌های گذشته در راستای حمایت از بالادست بوده است، کنار

موسوی نقلی و رضوان/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه: ۷۳۵-۷۱۴

کشیدن سیاست‌گذار باعث واکنش اسملترها می‌شود؛ بنابراین چانه‌زنی برای دخالت حاکمیت (دولت یا مجلس) در قیمت‌گذاری شمش و قیمت انرژی شروع می‌شود.

جدول ۸- حالت‌های ممکن برای بازیگران.
Table 8- Possible modes for players.

بازیگران	حالت‌ها / گزینه‌های استراتژیک	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
سیاست‌گذار	سرمایه‌گذاری برای اسملترهای جدید	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	قیمت‌گذاری دستوری به نفع پایین‌دست	Y	N	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	قیمت‌گذاری دستوری به نفع بالادست	N	N	N	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
	قیمت‌گذاری آزاد	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
	سرمایه‌گذاری توسعه بالادست (آلومینا)	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	افزایش نرخ انرژی	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	محدود کردن صادرات شمش	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
اسملتر	سرمایه‌گذاری در پایین‌دست	N	N	N	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	N
	چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع بالادست	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	صادرات نامحدود	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y
	چانه‌زنی برای جلوگیری از افزایش قیمت انرژی	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	Y	Y	Y
پایین‌دست	افزایش صادرات محصولات نهایی	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

حالت سوم، مشابه حالت نخست است، دولت به نفع پایین‌دست عمل می‌کند؛ با این تفاوت که صادرات شمش را محدود می‌کند تا قیمت مناسب به پایین‌دست و مصرف‌کننده برسد. ازاین‌جهت، فشار بیشتری به اسملترها وارد می‌شود و طبیعتا اقدامات اسملترها در واکنش به این اقدامات سیاست‌گذار خواهد بود.

در حالت چهارم، اتفاقات مشابه حالت دوم رخ می‌دهد؛ اما سیاست‌گذار برای اینکه توازن میان زنجیره تا حدودی حفظ شود، صادرات شمش را محدود می‌کند. این اقدام در زمان تحریم می‌تواند تا حدودی در راستای حمایت از مصرف‌کنندگان، وضعیت را به تعادل برساند؛ اما درهرصورت، واکنش اسملترها را به دنبال خواهد داشت و لابی‌گری آن‌ها، آغاز خواهد شد.

در حالت پنجم، اقدامات سیاست‌گذار کاملا در راستای حمایت از اسملترها خواهد بود؛ بدین معنی که دولت برای اسملترهای جدید سرمایه‌گذاری می‌کند و قیمت‌گذاری را به‌گونه‌ای انجام می‌دهد که اسملترها نهایت انتفاع را داشته باشند. در چنین شرایطی، افزایش نرخ انرژی وجود نخواهد داشت و صادرات شمش نیز محدودیتی ندارد. این اقدامات عملا به دنبال بیشینه‌سازی تولید شمش خواهد بود. اسملترهای از این اقدامات خشنود بوده و واکنش خاصی نشان نمی‌دهند؛ ولی پایین‌دست شروع به اقدامات مقاومتی می‌کند.

در حالت ششم، مشابه حالت پنجم اتفاق می‌افتد. با این تفاوت که دولت اگرچه به حمایت از تامین مواد اولیه اسملترها می‌پردازد و در اسملترهای جدید سرمایه‌گذاری می‌کند، ولی قیمت‌گذاری را آزاد می‌کند. بااین‌وجود اسملترها هم‌چنان راضی هستند و پایین‌دست نیز شروع به چانه‌زنی برای تغییر سیاست‌های دولت می‌کند.

در حالت هفتم، اقدامات سیاست‌گذار در راستای حمایت از اسملترها خواهد بود. اسملترها از فرصت استفاده کرده و در پایین‌دست سرمایه‌گذاری می‌کنند و به همین دلیل پایین‌دست احساس خطر کرده و اقدامات واکنشی شدیدتر انجام می‌دهد.

در حالت هشتم، دولت قیمت‌گذاری آزاد انجام می‌دهد؛ ولی هم‌چنان به دنبال تقویت بالادست است. به‌منظور ایجاد تعادل و حمایت نسبی از پایین‌دست و مصرف‌کننده، افزایش نرخ انرژی انجام نمی‌شود و صادرات شمش محدود می‌شود. اسملترها به حوزه پایین‌دست وارد می‌شوند و طبیعتا پایین‌دست برای برهم زدن توازن به نفع خودشان لابی‌گری می‌کند.

در حالت نهم، سیاست‌گذار قیمت‌گذاری را به نفع پایین بالادست انجام می‌دهد تا سرمایه‌گذاری صورت‌گرفته برای اسملترها توجیه اقتصادی بیشتری پیدا کند؛ اما قیمت انرژی هم‌چنان در محدوده خاصی کنترل می‌شود و اقدام اسملترها به‌صورت پیشگیرانه برای جلوگیری از افزایش قیمت انرژی خواهد بود. پایین‌دست از طریق سندیکا و دیگر نهادها به دنبال برهم زدن بازی فعلی است.

حالت دهم همانند حالت نهم است با این تفاوت که قیمت‌گذاری شمش به‌صورت آزاد انجام می‌شود. در اقدامات بازیگران دیگر، نیز تغییر خاصی صورت نمی‌گیرد.

در حالت یازدهم، دولت در اسملترهای جدید سرمایه‌گذاری می‌کند، قیمت‌گذاری به نفع بالادست است. هم‌چنین سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در بخش آلومینا در کشور انجام می‌شود. برای حمایت از مصرف‌کنندگان، صادرات شمش محدود می‌شود و هم اسملترها و هم پایین‌دست برای کسب منافع بیشتر در قیمت‌گذاری چانه‌زنی می‌کند.

حالت دوازدهم نیز مشابه حالت یازدهم است، با این اختلاف که دولت قیمت‌گذاری شمش را آزاد می‌کند؛ ولی برای حمایت از اسملترها، قیمت انرژی را به‌صورت محدود و با تاخیرهای چند ساله افزایش می‌دهد. ترجیحات هریک از بازیگران بر اساس سناریوها و حالت‌های موجود در **جدول ۹** تا **جدول ۱۱** نمایش داده شده است.

جدول ۹- ترجیحات سیاست‌گذار.

Table 9- Policymaker's preferences.

سناریوی شماره ۳ سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی شماره ۵ سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی شماره ۲ سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی	سناریوی شماره ۴ سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی	سناریوی شماره ۱ سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی	سناریوی پایه حالت پایه
حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸
حالت ۸	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲
حالت ۱۱	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶
حالت ۵	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰
حالت ۹	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷
حالت ۱۲	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱
حالت ۶	حالت ۱۲	حالت ۴	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۵
حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۲	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۹
حالت ۴	حالت ۴	حالت ۱۲	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۲
حالت ۲	حالت ۲	حالت ۱۰	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۴
حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۱
حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۳

جدول ۱۰- ترجیحات اسملتر.

Table 10- Smelter's preferences.

سناریوی شماره ۳	سناریوی شماره ۵	سناریوی شماره ۲	سناریوی شماره ۴	سناریوی شماره ۱	سناریوی پایه
سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی	سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی	سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی	حالت پایه
حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱
حالت ۷	حالت ۷	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۷
حالت ۲	حالت ۲	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۱	حالت ۲
حالت ۵	حالت ۵	حالت ۱	حالت ۱۲	حالت ۷	حالت ۵
حالت ۹	حالت ۹	حالت ۴	حالت ۱	حالت ۴	حالت ۹
حالت ۱	حالت ۱	حالت ۵	حالت ۴	حالت ۳	حالت ۱۲
حالت ۴	حالت ۴	حالت ۹	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۱
حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۳	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۴
حالت ۳	حالت ۳	حالت ۱۲	حالت ۳	حالت ۱۲	حالت ۳
حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۱۰
حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۸
حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶

پس از ترجیحات بازیگران، نقاط تعادلی برای هریک از سناریوها بررسی شد. نقطه تعادل بازی، حالتی است که به ازای یک تعریف تعادل معین برای تمامی بازیکنان، پایدار باشد و درواقع، در اشتراک تعادل فردی آن‌ها قرار بگیرد. این بدان معنا است که بازیکنانی که دارای ویژگی‌های آن تعریف تعادل هستند، وضعیت مذکور را به‌عنوان راه‌حل مناقشه پذیرفته و مایل به تغییر آن نیستند. از آن‌جایی‌که تعاریف تعادل گوناگون، نشانگر رفتارهای متفاوتی است که بازیکنان ممکن است در طول مناقشه ارایه دهند، هر چه وضعیتی بر اساس تعاریف تعادل بیشتری، برای همه بازیکنان، پایدار باشد، میزان قوت آن وضعیت به‌عنوان نقطه تعادل بازی بیشتر بوده و این موضوع، نشانگر آن است که احتمال آن‌که بازیکنان، آن وضعیت را به‌عنوان راه‌حل مناقشه بپذیرند، افزایش می‌یابد. تعادل نش وضعیتی است که در آن هیچ بازیگری نمی‌تواند با یک حرکت یک‌سویه با فرض ثابت بودن راهبرد سایر بازیگران به وضعیت بهتری دست یابد. در تعادل *SEQ*، بازیگران از هیچ‌یک از رفتارهای یک‌جانبه خود بهره‌مند نمی‌شوند. در تعادل *GMR*، هیچ‌یک از بازیگران در صورت تصمیم به تغییر وضعیت، توسط رقبا به وضعیت بدتری رانده نمی‌شوند. در تعادل *SIM*، هیچ‌یک از بازیگران به‌وسیله بازی رقبا محدود نمی‌شود. در تعادل *SEQ & SIM*، رفتارهای آتی بازیگران در مقابل رقبا قابل پیش‌بینی است؛ اما در تعادل *SMR* این رفتارها در بلندمدت ثابت هستند. نقاط تعادلی هریک از سناریوها در **جدول ۱۲** نشان داده می‌شود.

نقاط تعادلی در سناریوی پایه حالت‌های ۲ و ۱۲ هستند؛ یعنی در این حالت، دولت قیمت‌گذاری آزاد را به نفع شرایط اقتصادی انجام می‌دهد و افزایش نرخ انرژی انجام می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، در این حالت سیاست‌گذار از تصدی‌گری در صنعت کنار می‌کشد. از آن جایی‌که عمده تصدی‌گری در سال‌های گذشته در راستای حمایت از بالادست بوده است، کنار کشیدن سیاست‌گذار باعث واکنش اسملترها می‌شود؛ بنابراین شروع به چانه‌زنی برای دخالت حاکمیت (دولت یا مجلس) در قیمت‌گذاری شمش و قیمت انرژی می‌کند. هم‌چنین در حالت دوازدهم، دولت در اسملترهای جدید سرمایه‌گذاری می‌کند که قیمت‌گذاری به نفع بالادست است. هم‌چنین سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در بخش آلومینا در کشور انجام می‌شود. برای حمایت از مصرف‌کنندگان، صادرات شمش محدود می‌شود و هم اسملترها و هم پایین‌دست برای کسب منافع بیشتر در قیمت‌گذاری چانه‌زنی می‌کنند. دولت، قیمت‌گذاری شمش را آزاد می‌کند؛ ولی برای حمایت از اسملترها، قیمت انرژی را به‌صورت محدود و با تاخیرهای چندساله افزایش می‌دهد.

جدول ۱۱- ترجیحات پایین‌دست.

Table 11- Downstream's preferences.

سناریوی شماره ۳	سناریوی شماره ۵	سناریوی شماره ۲	سناریوی شماره ۴	سناریوی شماره ۱	سناریوی پایه
سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی	سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی	سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی	حالت پایه
حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰	حالت ۱۰
حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶	حالت ۶
حالت ۵	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۵	حالت ۵
حالت ۹	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۹	حالت ۹
حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲
حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱
حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸	حالت ۸
حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷	حالت ۷
حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳	حالت ۳
حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱	حالت ۱
حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴
حالت ۲	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۲	حالت ۲

جدول ۱۲- نقاط تعادلی.

Table 12- Equilibrium points.

سناریوی شماره ۳	سناریوی شماره ۵	سناریوی شماره ۲	سناریوی شماره ۴	سناریوی شماره ۱	سناریوی پایه
سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی	سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی	سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی	سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی	حالت پایه
حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۴	حالت ۲
حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۱	حالت ۱۲	حالت ۱۲	حالت ۱۲

نقاط تعادلی در سناریوی «فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی» و سناریوی «ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی» حالت‌های ۴ و ۱۲ است. در این حالات، دولت قیمت‌گذاری آزاد انجام می‌دهد و افزایش نرخ انرژی انجام می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر، در این حالات سیاست‌گذار از تصدی‌گری در صنعت کنار می‌کشد. ازآن‌جایی‌که عمده تصدی‌گری در سال‌های گذشته در راستای حمایت از بالادست بوده است، کنار کشیدن سیاست‌گذار باعث واکنش اسملترها می‌شود؛ بنابراین شروع به چانه‌زنی برای دخالت حاکمیت (دولت یا مجلس) در قیمت‌گذاری شمش و قیمت انرژی می‌کند؛ اما در این‌جا، سیاست‌گذار برای این‌که توازن میان زنجیره تا حدودی حفظ شود، صادرات شمش را محدود می‌کند. این اقدام در زمان تحریم می‌تواند تا حدودی در راستای حمایت از مصرف‌کنندگان وضعیت را به تعادل برساند. هم‌چنین سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در بخش آلومینا در کشور انجام می‌شود. برای حمایت از مصرف‌کنندگان، صادرات شمش محدود می‌شود و هم اسملترها و هم پایین‌دست برای کسب منافع بیشتر در قیمت‌گذاری چانه‌زنی می‌کنند. دولت، قیمت‌گذاری شمش را آزاد می‌کند؛ ولی برای حمایت از اسملترها، قیمت انرژی را به‌صورت محدود و با تاخیرهای چندساله افزایش می‌دهد.

نقاط تعادلی در سناریوی «فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی»، سناریوی «فاجعه ایران در فضای معمول جهانی» و سناریوی «فضای دشوار ایران در فضای معمول جهانی» حالت‌های ٤ و ١١ هستند که قیمت‌گذاری آزاد، افزایش نرخ انرژی، محدود کردن صادرات شمش، چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع بالادست و جلوگیری از افزایش قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری برای اسملترهای جدید، توسعه بالادست و پایین‌دست، قیمت‌گذاری دستوری به نفع پایین‌دست، افزایش صادرات محصولات نهایی و چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست وجود دارد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش باهدف شناسایی و تحلیل سناریوهای پیش‌روی صنعت آلومینیوم و تحلیل بازار آن، برای ترسیم چشم‌اندازی صحیح از آینده و انتخاب استراتژی مناسب در این صنعت انجام شد. ابتدا متغیرهای کلیدی صنعت آلومینیوم از طریق مصاحبه با خبرگان و متخصصان شناسایی و احتمال وقوع متغیرها با استفاده از تکمیل پرسشنامه تعیین شد و سپس بر اساس متغیرهای کلیدی، سناریوهای مشخصی تدوین شد. با استفاده از روش دیمتل فازی اثرات متقابل متغیرها نیز صورت گرفت و با کمک روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، سناریوها رتبه‌بندی شد. برای تحلیل بازار صنعت آلومینیوم از نظریه بازی در دو قالب در نظر گرفتن رقابت بین بازیگران و درنظر گرفتن امکان همکاری و ائتلاف بین بازیگران به جستجوی نقاط تعادلی در بین حالت‌های موجود گزینه‌های استراتژیک بازیگران و سناریوهای این صنعت پرداخته شد.

نتایج به‌دست آمده از پرسشنامه احتمال وقوع متغیرها نشان داد که امکان وقوع «افزایش تورم»، بیش‌ترین احتمال و «افزایش سرمایه‌گذاری در کشور»، کم‌ترین احتمال متغیر را دارد هم‌چنین «رفع تحریم‌ها» تاثیرگذارترین متغیر و «تولید و صادرات» تاثیرپذیرترین متغیر محسوب می‌شود. پنج سناریو به‌صورت «سناریوی دشوار ایران در فضای معمول جهانی»، «سناریوی فاجعه ایران در فضای معمول جهانی، «سناریوی فاجعه برای ایران در فضای سخت جهانی»، «سناریوی ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی» و «سناریوی فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی» رتبه‌بندی شدند. از طریق مصاحبه با خبرگان سه بازیگر اصلی سیاست‌گذار، اسملتر و پایین‌دست شناسایی و ۱۳ گزینه استراتژیک در قالب سرمایه‌گذاری، قیمت‌گذاری، صادرات، نرخ انرژی در جهات و شکل‌های مختلف استخراج شدند. انتخاب یا عدم انتخاب این گزینه‌های استراتژیک توسط بازیگران، جمعا 2^{13} (۸۱۹۲) حالت ایجاد می‌کند که فقط ۱۲ حالت شدنی باقی ماند. ترجیحات بازیگران در سناریوهای مختلف در بازار آلومینیوم بر اساس ۱۲ حالت مذکور تبیین شد برای سناریو «پایه»، در بازار آلومینیوم با این سناریو قیمت‌گذاری آزاد، افزایش نرخ انرژی، چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع بالادست، چانه‌زنی برای جلوگیری قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری برای اسملترهای جدید و سرمایه‌گذاری توسعه بالادست امکان‌پذیر است، برای سناریوی «فضای مطلوب ایران در فضای سخت جهانی» و سناریوی «ایران در حال پیشرفت در فضای معمول جهانی»، بازار همانند سناریوی «پایه» است با این تفاوت که در این سناریوها، محدود کردن صادرات شمش را نیز به همراه دارد. برای سناریوهای «فاجعه ایران در فضای سخت جهانی»، «فاجعه ایران در فضای معمول جهانی» و «دشوار ایران در فضای معمول جهانی» قیمت‌گذاری آزاد، افزایش نرخ انرژی، محدود کردن صادرات شمش، چانه‌زنی برای قیمت‌گذاری به نفع بالادست و جلوگیری از افزایش قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری برای اسملترهای جدید، توسعه بالادست و پایین‌دست، قیمت‌گذاری دستوری به نفع پایین‌دست، افزایش صادرات محصولات نهایی و چانه زنی برای قیمت‌گذاری به نفع پایین‌دست در بازار آلومینیوم حاکم است.

محدودیت اصلی این پژوهش، دسترسی سخت به برخی از بازیگران صنعت آلومینیوم و همکاری نکردن برخی از آن‌ها در ارایه اطلاعات بود.

به دلیل پژوهش‌های اندکی که در زمینه آینده‌پژوهی صنعت آلومینیوم انجام شده است، مطالعات آینده در این زمینه پژوهش می‌تواند استفاده از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری و مدل‌های تئوری بازی برای شناخت دقیق‌تر آینده صنعت آلومینیوم باشد. تدوین برنامه عملیاتی برای محتمل‌ترین سناریو نیز پیشنهاد می‌شود.

قدردانی و تشکر

از زحمات سرکار خانم محبوبه راستی‌پور مدیر استراتژیک شرکت فولاد تکنیک که در مدت انجام این پژوهش نویسندگان را همراهی کردند، کمال تشکر را دارم.

منابع مالی

هیچ‌گونه بودجه یا کمک‌هزینه پژوهش در طی مطالعه مذکور، دریافت نشده است.

تعارض با منافع

هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد و همه نویسندگان، نسخه نهایی ارسال‌شده را مشاهده و تایید کردند. نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله، اثر اصلی آن‌ها بوده، قبلا چاپ‌نشده و در حال حاضر تحت انتشار نیست.

منابع

[1] Mirabi, V. R., & Shafiei, V. R. (2016). Investigation and evaluation of factors affecting the marketing of aluminum industry in Iran Aluminum Company. *Journal of business management*, *8*(32), 97–107. (**In Persian**). https://bmj.ctb.iau.ir/article_537081.html?lang=fa

[2] Notash, M. R. (2005). The world of aluminum and Iran's place in the perspective of the 1404 vision of the Islamic Republic of Iran. *Industrial technology development quarterly*, *3*(7), 54–75. (**In Persian**). https://jtd.iranjournals.ir/article_2308.html

[3] Zahed Zahedani, S. S., Hakiminia, B., Tabiei, M., & Goli, A. (2018). Future study of environmental culture by scenario exploration and validation (case study: Isfahan city). *Quarterly of social studies and research in Iran*, *7*(3), 441–468. (**In Persian**). https://jisr.ut.ac.ir/article_68986_en.html

[4] Makridakis, S., & Wheelwright, S. C. (1989). *Forecasting methods for managementy for the 21st century*. Simon and Schuster.

[5] Chermack, T. J. (2005). Studying scenario planning: theory, research suggestions, and hypotheses. *Technological forecasting and social change*, *72*(1), 59–73.

[6] Jarach, D. (2004). Future scenarios for the European airline industry: a marketing-based perspective. *Journal of air transportation*, *9*(2), 24-39.

[7] Szodruch, J., Grimme, W., Blumrich, F., & Schmid, R. (2011). Next generation single-aisle aircraft requirements and technological solutions. *Journal of air transport management*, *17*(1), 33–39.

[8] Mason, K. J., & Alamdari, F. (2007). EU network carriers, low cost carriers and consumer behaviour: a Delphi study of future trends. *Journal of air transport management*, *13*(5), 299–310.

[9] Watkins, J. R. (2010). *Shaping the future of northeast Michigan: utilizing the Delphi method to inform planning scenario construction*. Michigan State University.

[10] Chen, H., Wakeland, W., & Yu, J. (2012). A two-stage technology foresight model with system dynamics simulation and its application in the Chinese ICT industry. *Technological forecasting and social change*, *79*(7), 1254–1267.

[11] Keller, J., & von der Gracht, H. A. (2014). The influence of information and communication technology (ICT) on future foresight processes-results from a Delphi survey. *Technological forecasting and social change*, *85*, 81–92. DOI:10.1016/j.techfore.2013.07.010

[12] Förster, B. (2015). Technology foresight for sustainable production in the German automotive supplier industry. *Technological forecasting and social change*, *92*, 237–248. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.09.010

[13] He, S., Kilgour, D. M., & Hipel, K. W. (2017). A general hierarchical graph model for conflict resolution with application to greenhouse gas emission disputes between USA and China. *European journal of operational research*, *257*(3), 919–932.

[14] Hipel, K. W., Fang, L., & Kilgour, D. M. (2020). The graph model for conflict resolution: reflections on three decades of development. *Group decision and negotiation*, *29*(1), 11–60. DOI:10.1007/s10726-019-09648-z

[15] Pournabi, N., Janatrostami, S., Ashrafzadeh, A., & Mohammadi, K. (2021). Resolution of internal conflicts for conservation of the Hour Al-Azim wetland using AHP-SWOT and game theory approach. *Land use policy*, *107*, 105495. DOI:10.1016/j.landusepol.2021.105495

[16] Ghasempoor Anaraki, M., Vladislav, D. S., Karbasian, M., Osintsev, N., & Nozick, V. (2021). Evaluation and selection of supplier in supply chain with fuzzy analytical network process approach. *Journal of fuzzy extension and applications*, *2*(1), 69–88.

[17] Zalli, N. (2012). Strategic Foresight and regional policy with emphasis on scenario planning approach. *Strategic studies quarterly*, *14*(54), 33–54. (**In Persian**). https://quarterly.risstudies.org/article_1294.html?lang=en

[18] Ghanbri, A., & Sardari, A. (2018). The land use of border areas with emphasis on strategies and priorities of planning border aareas of (Marivan and Baneh). *Geography (regional planning)*, *8*(30), 179–193. (**In Persian**). https://www.jgeoqeshm.ir/article_61497.html

[19] Gholami, M., Mortezapour, M. R., & Shahnourian, M. M. (2017). Conflict resolution of sefidrud irrigation and drainage network with games theory. *Iran-water resources research*, *13*(3), 101–111. (**In Persian**). http://iwrr.ir/article_45093_9fe3901e321887e01adf9a73eff62f5f.pdf

[20] Sorourkhah, A., Azar, A., Babaie-Kafaki, S., & Shafiei Nik Abadi, M. (2017). Using weighted-robustness analysis in strategy selection (case study: Saipa automotive research and innovation center). *Industrial management journal*, *9*(4), 665–690. (**In Persian**). https://imj.ut.ac.ir/article_66391.html?lang=en

[21] Mortezapour, M. R., Shahnazari, A., & Khaledian, M. R. (2019). Water governance in the Big Sefidroud watershed using the game theory approach. *Research journal of watershed management*, *10*(19), 13–21. (**In Persian**). https://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-827-fa.html

[22] Salehi, D., Guderzi, M., & Muntsari, H. (2019). Conflict resolution of water resources allocation in Zayandehrood basin using Game theory and WEAP model. *Journal of water and soil science*, *23*(4), 183–198. (**In Persian**). https://iutjournals.iut.ac.ir/jstnar/article-1-3670-en.html&sw=Zayandehrud+Basin

[23] Noori, M., Emadi, A., & Fazloula, R. (2020). Analyzing the interaction of agriculture and industry sectors in water allocation with the non-cooperative game approach. *Journal of water and soil conservation*, *27*(1), 145–161. (**In Persian**). https://jwsc.gau.ac.ir/article_4969_en.html?lang=en

[24] Madah, M., & Mehrparvar, M. (2021). The empirical analysis of effective factors on budget deficit in Iran using fuzzy dematel method. *Journal of iranian economic issues*, *8*(1), 299–339. (**In Persian**).

https://economics.ihcs.ac.ir/article_6979.html?lang=en

[25] Dalalah, D., Hayajneh, M., & Batieha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert systems with applications*, *38*(7), 8384–8391. DOI:10.1016/j.eswa.2011.01.031

[26] Hipel, K. W., Fang, L., & Kilgour, D. M. (1993). Game theoretic models in engineering decision making. *Doboku gakkai ronbunshu*, *1993*(470), 1–16. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscej1984/1993/470/1993_470_1/_article/-char/ja/