

ارزیابی روابط دولت و پیمانکاران در زمینه‌ی منابع مالی پروژه‌های معدنی با استفاده از روش چانه‌زنی نش

امیر فضلی‌اله آبادی (کارشناس ارشد)

مجید عطایی‌پور* (دانشیار)

گروه مهندسی معدن، دانشکده‌ی مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

صنعت معدن به دلیل تأمین مواد اولیه، نقش مهمی در اقتصاد جهانی ایفا می‌کند. با این حال، روابط دولت و پیمانکاران در صنعت معدن می‌تواند پیچیده باشد، به‌ویژه در شرایطی که منابع مالی محدودی وجود دارد. اهداف نوشتار حاضر، شامل: مدل‌سازی روابط دولت و پیمانکاران با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها و ارزیابی استفاده از چانه‌زنی نش به‌عنوان روشی برای حل تعارض‌ها و دستیابی به نتایج بهینه است. با تجزیه و تحلیل سیاست‌های استخراجی پیمانکاران معدنی از منظر دولت به‌عنوان ناظر بازی، این نتیجه به‌دست آمده است که بخش دولتی به دلیل حجم بالای سرمایه‌گذاری، سهم بیشتری دارد؛ که این موضوع باعث می‌شود قدرت چانه‌زنی بخش دولتی بیشتر باشد. در انتها، با محاسبه‌ی دستاوردهای هر یک از بازیکنان مشخص شده است که سهم دولت در سیاست تولید پایدار و تولید بیشینه به ترتیب ۸۳۸۸۶۶ و ۸۳۸۲۶۴ میلیارد ریال است. در سوی دیگر، سهم پیمانکاران معدن به ترتیب به ۶۵۶۴۲ و ۶۴۱۲۶ میلیارد ریال می‌رسد.

واژگان کلیدی: همکاری دولت و پیمانکار، نظریه‌ی بازی‌ها، چانه‌زنی نش، بازی اطلاعات کامل، بازی مشارکتی.

amirfazli@aut.ac.ir
map60@aut.ac.ir

۱. مقدمه

در این سیاق، نظریه‌ی بازی‌ها و روش چانه‌زنی نش^۱ به‌عنوان ابزارهای تحلیلی مؤثر در مدل‌سازی روابط بین دولت و پیمانکاران مطرح شده‌اند. پژوهش حاضر به ارائه‌ی راهبردها و سیاست‌های خاص بخش‌های دولتی و خصوصی در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری و تعیین سهم هر یک از بازیکنان در پروژه‌های معدنی می‌پردازد و تأکید دارد که بهره‌گیری از روش‌های تحلیلی ذکرشده می‌تواند منجر به بهبود بهره‌وری و بهینه‌سازی روابط بین دولت و پیمانکاران در صنعت معدن شود. در ادامه، با ارائه‌ی فرض‌ها و توابع دستاورد، روابط دولت و پیمانکاران در صنعت معدن بررسی شده است. سپس به مرور مدل‌سازی روابط ایشان و پتانسیل استفاده از چانه‌زنی نش در صورت همکاری بازیکنان و ایجاد یک ائتلاف به‌عنوان راه‌حلی برای مسائل پرداخته شده است. در قالب سؤال‌های پژوهشی مطالعه‌ی حاضر به چگونگی ایجاد توابع دستاورد بین دولت و پیمانکاران در صنعت معدن و پتانسیل‌های به‌کارگیری چانه‌زنی نش به‌عنوان روشی برای حل تعارض‌ها در وهله‌ی اول پرداخته شده است. سپس بررسی شده است که کدام یک از سیاست‌های استخراجی برای پیمانکاران اثربخش‌تر است و انتخاب کدام راهبرد^۲ نظارتی می‌تواند ائتلاف بین دولت و پیمانکاران را در یک وضعیت تعادلی قرار دهد.

معدن برای بسیاری از کشورها بخش مهمی از اقتصاد و مدیریت منابع مالی آن اغلب پیچیده و چالش‌برانگیز است. مشارکت دولت و بخش خصوصی به ارتباط و هماهنگی میان دولت به‌عنوان نهاد نظارتی و مالک منابع با پیمانکاران، که به‌عنوان همکاران در پروژه‌های معدنی شناخته می‌شوند، اشاره دارد. این همکاری معمولاً در زمینه‌ی سرمایه‌گذاری‌های صورت‌پذیرفته در معدن، اهمیت ویژه‌ی دارد. مشارکت دولت و بخش خصوصی، شامل موضوعاتی مانند: تخصیص سهم استخراج، تقسیم سود و هزینه‌ها، الگوی کار در استفاده از منابع طبیعی، و غیره است.^[۱] با توجه به اهمیت معدنکاری و آثار گسترده‌ی بی‌کفایتی معدن در اقتصاد و توسعه‌ی پایدار دارد، ضرورت بررسی و بهبود روابط دولت و پیمانکاران در این زمینه احساس می‌شود. مدیریت مؤثر منابع مالی معدن به‌عنوان یک چالش بزرگ در صنعت معدن شناخته می‌شود و از این رو، توسعه‌ی مدل‌هایی که تعاملات بین دولت و پیمانکاران را بهبود بخشد، اهمیت زیادی پیدا می‌کند.^[۲]

*نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵، تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۲/۱۱/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱.

استناد به این مقاله:

فضلی‌اله آبادی، امیر و عطایی‌پور، مجید، ۱۴۰۳. ارزیابی روابط دولت و پیمانکاران در زمینه‌ی منابع مالی پروژه‌های معدنی با استفاده از روش چانه‌زنی نش.

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، ۴۰ (۲)، صص. ۷۳-۸۵. DOI: 10.24200/J65.2024.62729.2366

^۱ Nash bargaining
^۲ Strategy

۲. پیشینه‌ی مطالعات

ممکن است نقشی در تخصیص منابع مالی ایفا کند و مشارکت فعالی در فرآیندهای تصمیم‌گیری داشته باشد.^[۱۳ و ۱۴] در **دسته بندی دوم**، دولت نقش محدودتری در نظارت بر پروژه‌ها دارد. این انتخاب ممکن است اجازه دهد تا بخش خصوصی و پیمانکاران مستقلاً فعالیت کنند و تصمیم‌های اجرایی را به خود اختصاص دهند. در این حالت، دولت اغلب نقش نظارتی محدود دارد و ممکن است فقط درخواست‌های مربوط به تأمین منابع مالی را از طریق فرآیندهای قراردادی و مذاکره‌ها انجام دهد. رویکرد چانه‌زنی نش به‌عنوان یک ابزار تحلیلی کارآمد در این زمینه می‌تواند تمامی جنبه‌های مورد بحث را بررسی و سپس تحلیل کند. در جدول ۱، پیشینه‌ی پژوهش‌های صورت‌پذیرفته در مسائل مرتبط با مشارکت‌های عمومی - خصوصی با استفاده از مدل‌های چانه‌زنی ارائه شده است. یکی از نکات قابل بحث این است که مطالعات موجود در سایر صنایع صورت‌پذیرفته و جایگاه صنعت معدن در این کاربرد به‌صورت

تعاملات بین دولت و پیمانکاران در زمینه‌ی منابع مالی پروژه‌های معدنی، یک زمینه‌ی بسیار حیاتی از مدیریت پروژه است، که به شکل قابل توجهی در موفقیت و کارایی زیرپروژه‌های معدنی تأثیر می‌گذارد. مطالعات پیشین در حوزه‌ی مشارکت‌های عمومی - خصوصی به جوانب مختلف در زمینه‌ی تخصیص سهم شراکت،^[۳ و ۴] راهبردهای بیشینه‌سازی سود طرفین،^[۵ و ۶] بررسی تقاضای بازار،^[۷-۹] پیامدهای اقتصادی،^[۱۰ و ۱۱] و راهبرد مدیریت ریسک،^[۹] همکاری‌های مذکور پرداخته‌اند. به‌طور کلی فرض نظارت دولتی بر پیمانکاران را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی کرد:^[۱۲] در **دسته‌بندی اول**، دولت به عنوان یک نهاد، نظارت بر پروژه‌های معدنی را انتخاب می‌کند. این نوع نظارت ممکن است شامل تعیین استانداردها و تنظیم قوانین و مقررات مربوط به اکتشاف، استخراج، و فرآوری مواد معدنی باشد. دولت در این حالت

جدول ۱. پیشینه‌ی پژوهش.

نویسندگان	سال انتشار	معیارها	بازیکنان	روش تحلیل	هدف تحقیق
عبدالرحمن و مین‌الایشا ^۱	۲۰۲۳	تابع دستاورد پویا استفاده از پارامترهای نظارتی استفاده از عوامل اقتصادی بررسی تقاضای بازار	دولت و پیمانکاران	نظریه‌ی بازی (مذاکره‌ی نش)	بررسی تأثیر عوامل اقتصادی و رویه‌های نظارت دولتی در مدیریت ریسک در صنعت ساختمان. ^[۳]
بوسو و گرکو ^۱	۲۰۲۳	بیشینه‌سازی سود اقتصادی پارامترهای تشویقی - نظارتی تحلیل هزینه و سود به‌صورت یکپارچه	دولت و پیمانکاران	نظریه‌ی بازی	تفاوت کارآمدی اجتماعی بین قراردادهای شراکت عمومی - خصوصی و مناقصه‌های سنتی در زمینه‌ی زیرساخت‌های عمومی. ^[۵]
بالحسن و همکاران	۲۰۲۲	تخصیص سهم مشارکت ایجاد مدل متناسب با نوسان‌های قیمت نفت استفاده از NPV و IRR در توابع دستاورد	شرکت ملی نفت و شرکت بین‌المللی	نظریه‌ی بازی (روش ماکسی مین و توافق نش)	استفاده از نظریه‌ی بازی به منظور افزایش همکاری و کاهش تعارض در شرایط نوسان‌های قیمت نفت برای بهبود توافق بین شرکاء زنجیره‌ی تأمین. ^[۳]
چنگ و همکاران	۲۰۲۲	بیشینه‌سازی سود اقتصادی بیشینه‌سازی عملکرد اقتصادی استفاده از پارامترهای نظارتی	ایستگاه یکپارچه‌ی شارژ و مصرف‌کننده	نظریه‌ی بازی (مذاکره‌ی نش و استکلیرگ)	ایجاد بازی همکارانه به‌منظور بهینه‌سازی سودهای اقتصادی از سیستم‌های تأمین انرژی برق شهری. ^[۶]
شرفی و همکاران	۲۰۲۲	تعداد وسائط نقلیه مدت اجاره حمایت‌های دولتی	بخش‌های خصوصی و دولتی	مذاکره‌ی نش و مدل پارتو	راهه‌ی یک رویکرد مذاکره‌ی برای تعیین دستاوردهای عادلانه بین بخش خصوصی - دولتی و بهینه‌سازی متغیرهای قرارداد در پروژه‌های باربری. ^[۱۵]
هونگ سو و فان آن ^۱	۲۰۲۱	پاداش برای تشویق شرکت‌های فعال راهبردهای پویا پیشنهاد مدل مناقصه برای بازیکنان	مالک و مشتریان	نظریه‌ی بازی (مذاکره‌ی نش)	ارائه‌ی مدل تشویقی جدید برای مذاکره‌ی شرکت‌ها در مناقصه‌های ساختمانی. ^[۱۳]
لیو و همکاران	۲۰۲۰	توزیع متوازن مزایا راهبردهای نظارتی هزینه‌های مذاکره بررسی تقاضای بازار	توسعه‌دهندگان و ساکنان مناطق شهری	مذاکره‌ی نش نامتقارن	بررسی فرآیند مذاکره بین بازیکنان مذکور در زمینه‌ی توزیع مزایا در بازسازی شهری. ^[۸]
لیانگ و همکاران	۲۰۲۰	ایجاد مدل کسب و کار نوآورانه بازی همکارانه تولید راهبرد بازی براساس شبکه‌ی عصبی	دولت (شرکت) تأمین‌کننده و مشتریان	نظریه‌ی بازی و شبکه‌ی عصبی	ارائه‌ی یک مدل کسب و کار نوآورانه برای استفاده‌ی مشترک از نیروگاه خورشیدی و ذخیره‌سازی انرژی. ^[۱۱]

ادامه ی جدول ۱. پیشینه ی پژوهش.

نویسندگان	سال انتشار	معیارها	بازیکنان	روش تحلیل	هدف تحقیق
مارک شوپف و آخیم فوس ^۱	۲۰۱۹	سیاست پیشینه سازی سود طرفین راهبرد وجود حد ضرر در توافق هزینه های استخراج وابسته به موجودی	دولت، سازمان محیط زیست، و شرکت استخراجی	توافق نش	بررسی سیاست استخراج منابع زیست محیطی تحت تأثیر قوانین دولتی. [۱۴]
لیو و همکاران	۲۰۱۹	مدل ترکیبی ارزیابی سرمایه گذاری مدل سازی دینامیک سیستم استفاده از ارزش جریان های نقدی	دولت و سرمایه گذاران	سیستم پویا و مدل بلک - شولز	ارائه ی یک مدل تحلیلی ترکیبی براساس روابط ایجاد شده برای ارزیابی سرمایه گذاری در پروژه های معدنی. [۱۰]
آقا داداشلی و همکاران	۲۰۱۶	تخصیص سهم مشارکت تقسیم سود بین بازیکنان اعمال مشوق برای شرکت های پایین دستی	شرکت های بالادستی و پایین دستی	نظریه ی بازی (مذاکره ی نش)	ارائه ی فرمول تقسیم سود براساس مشارکت شرکت های با اهمیت نامتقارن. [۴]
لیپمن و همکاران	۲۰۱۳	تقسیم هزینه در قراردادهای عدم وجود ریسک در مشارکت وجود هزینه های ثابت مشارکت عدم قطعیت در تأمین هزینه های پروژه بررسی تقاضای بازار	مدیریت و پیمانکار	نظریه ی بازی (مذاکره ی نش)	ارائه ی یک رویکرد چانه زنی برای تعیین بهترین قرارداد تقسیم هزینه بین بازیکنان. [۹]

محدود و انگشت شمار بوده است. پژوهش حاضر، به عنوان یک مطالعه ی جدید در محث مشارکت های عمومی - خصوصی در صنعت معدن بوده و سعی شده است با ارائه ی رویکرد چانه زنی نش، به جوانب تازه و کمتر توجه شده ی حوزه ی مذکور بپردازد و نقدهای جدیدی به مسائل مدیریت پروژه های معدنی ارائه دهد.

در زمان تصمیم گیری به اطلاعات یکسانی نسبت به سایرین دسترسی دارد. این بازی اطلاعات کامل در تضاد با بازی های اطلاعات ناقص است. در بازی اطلاعات ناقص، برخی از بازیکنان به اطلاعاتی دسترسی دارند که سایر بازیکنان به آن دسترسی ندارند. [۱۷]

۲.۳. روش حل در بازی مشارکتی

کلید یافتن راه حل چانه زنی نش، استفاده از یک الگوریتم ریاضی است که می تواند توافقی را شناسایی کند که دستاورد هر یک از طرفین را بیشینه سازد و در عین حال از قابل قبول بودن توافق برای طرفین اطمینان حاصل کند. یک بازی مشارکتی^۳ را می توان با مجموعه یی از بازیکنان، مجموعه یی از اقدام های ممکن برای هر بازیکن، یک تابع دستاورد برای هر بازیکن که نتایج احتمالی را برای یک بازده ترسیم می کند، و یک تابع سود مشترک که نتایج را به بازده همه ترسیم می کند، نشان داد. [۱۸] هدف بازیکنان این است که با انتخاب اقدام هایی که منجر به بهترین نتیجه ی ممکن برای همه ی شرکت کنندگان شود، عملکرد مشترک را به میزان بیشینه برسانند.

در بازی مشارکتی n نفره، بازیکنان را با $N = \{1, 2, \dots, n\}$ نمایش می دهند. هر زیرمجموعه ی غیر تهی، یک ائتلاف را تشکیل می دهد. تمامی اجزاء مجموعه ی N ، یک ائتلاف جمعی را تشکیل می دهند. هر یک از ائتلاف های موجود را با S و تعداد اجزاء هر ائتلاف مشارکتی را با $|S|$ نشان می دهند. در ادامه، تعداد ائتلاف های یک بازی n نفره برابر با $S = 2^n - 1$ است. فرم مشخصه ی بازی n نفره را با $V(N)$ نمایش می دهند، که در آن V تابع مشخصه و N دستاورد هر ائتلاف است. در بازی با دو بازیکن A و B ، رابطه ی ۱ برقرار است: [۱۸]

۳. چانه زنی نش

راه حل چانه زنی نش، یک چارچوب ریاضی است که هدف آن کمک به طرفین برای رسیدن به یک نتیجه ی متقابل سودمند در شرایطی است که منافع متضاد دارند. راه حل چانه زنی نش مبتنی بر این ایده است که دو یا چند طرف مذاکره، سعی می کنند دستاورد^۱ خود را به مقدار بیشینه برسانند و در عین حال، منافع طرف مقابل را نیز در نظر بگیرند. راه حل شامل یک فرآیند مذاکره است که در آن هر دو طرف اولویت ها و منافع خود را به اشتراک می گذارند و تلاش می کنند تا به یک توافق دوجانبه ی سودمند برسند. [۱۶]

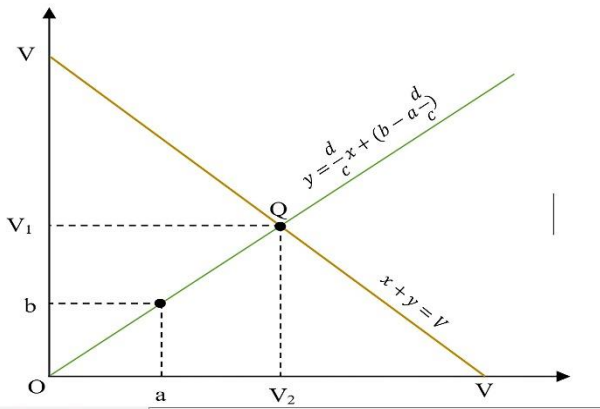
۱.۳. الگوریتم حل در چانه زنی نش

یک الگوریتم حل در زمینه ی راه حل چانه زنی نش، یک روش ریاضی است که برای یافتن توافق بهینه بین دو طرف استفاده می شود، که منافع فردی آن ها را به مقدار بیشینه می رساند و در عین حال اولویت های طرف مقابل را نیز در نظر می گیرد. [۱۷] راه حل چانه زنی نش مبتنی بر این ایده است که هر یک از طرفین سعی می کنند با پیشنهاد بهترین راهبرد خود، دستاورد خود را بیشینه سازند، در حالی که از اولویت های طرف مقابل و توانایی آن ها در رد راهبردهای پیشنهادی آگاه هستند. [۱۷] به این نوع بازی، بازی با اطلاعات کامل^۲ گویند. در نظریه ی بازی ها، بازی اطلاعات کامل، نوعی بازی است که در آن هر بازیکن

^۱ Payoff

^۲ Complete information game

^۳ Cooperative game



شکل ۱. راه‌حل چانه‌زنی برای بازی مشارکتی.^[۱۸]

هر مقدار x و y ، که در دو رابطه‌ی اخیر صدق کنند، به راه‌حل چانه‌زنی معروف است، که با نقطه‌ی Q در شکل ۱ مشاهده می‌شود:

با توجه به شکل ۱ می‌توان گفت که $\frac{d}{c}$ شیب خط صعودی و نشان‌دهنده‌ی قدرت چانه‌زنی نسبی دو بازیکن است. همان‌طور که گفته شد، با فرض مشارکتی بودن بازی، اگر سهم بازیکن اول (دولت) از V برابر c درصد و سهم بازیکن دوم (پیمانکاران معدن) برابر با d درصد باشد، و قدرت چانه‌زنی پیمانکاران معدن بیشتر باشد، خط مذکور شیب بیشتری دارد و سهم بازیکن دوم از دستاورد ائتلاف بیشتر خواهد بود. نکته‌ی قابل توجه دیگر آن است که عرض از مبدأ خط سبزرنگ الزاماً بر روی نقطه‌ی صفر محور مختصات قرار ندارد و مقادیر x و y همان سهم بازیکن اول و دوم از بازی هستند.

۳.۳. فرم مشخصه‌ی چانه‌زنی نش

در چانه‌زنی نش، تعداد n تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته می‌شود، که با فرض X به عنوان فضای تصمیم و $u_i: X \rightarrow R$ به عنوان تابع هدف تصمیم‌گیرنده‌ی i ، فضای ضابطه به صورت رابطه‌ی ۱۱ تعریف می‌شود:^[۱۹]

$$H = \{u \mid u \in R^n, u = u_i, u_i = f_i(x) \forall x \in X\} \quad (11)$$

که در آن، u به عنوان دستاورد بازیکنان تعریف می‌شود و هنگامی که تصمیم‌گیرندگان قادر به دستیابی به یک توافق نیستند، به مقادیر تابع هدف کمتری دست می‌یابند. اگر d_i به عنوان مقدار اختلاف (تعارض) و H به عنوان مجموعه‌ی دستاورد قابل قبول تعریف شود، مقدار d می‌تواند برای تصمیم‌گیرنده‌ی i به صورت $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ نمایش داده شود. این تعارض در طول مسئله به صورت ریاضی با جفت (H, d) تعریف می‌شود. اگر H محدب، بسته، و محدود باشد و دست کم یک $u \in H$ وجود داشته باشد، به طوری که $u \geq d$ ، راه‌حل چانه‌زنی نش $u^* = \varphi(H, d)$ به عنوان راه‌حل بهینه‌ی تک مسئله می‌تواند حاصل شود.^[۱۹]

با فرض شرط عقلانی بودن، بازیکنان قصد دارند تا دستاورد خود را بیشینه سازند. اگر فرض شود مقادیر اختلاف بازیکنان صفر باشد، مرز جواب مسئله توسط یک خط غیرصعودی در بازه‌ی $[d_1, u_1]$ تعریف شده است (رابطه‌ی (۱۲) (شکل ۲):^[۱۹]

$$\text{Maximize}(u_1 - d_1)(u_2 - d_2) \dots (u_n - d_n)$$

$$\text{Subject to } u_i \geq d_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad (u_1, u_2, \dots, u_n) \in H$$

$$V(A) + V(B) \leq V(A + B) \quad (1)$$

شرط موجود در رابطه‌ی اخیر بیان می‌کند که دو ائتلاف A و B ، زمانی با هم ائتلاف جدید تشکیل می‌دهند که تابع $V(A + B)$ دست کم برابر جمع دستاوردهای ائتلاف‌های مستقل A و B باشد. مسئله‌ی مهم در تشکیل ائتلاف، نحوه‌ی تقسیم دستاورد ائتلاف یا تخصیص سهم بین اعضاست، که باید عادلانه صورت گیرد، تا اعضاء ائتلاف رضایت داشته باشند و به تشکیل ائتلاف با بازیکنان دیگر نپردازند. چنین تخصیصی را تخصیص عقلایی گویند، که آن را با $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ نشان می‌دهند. X_n سهم بازیکن n ام است. واضح است مجموع سهم بازیکنان در یک ائتلاف برابر ۱ است. در یک تخصیص عقلانی، دو ویژگی باید رعایت شود:^[۱۷]

الف) کل دستاورد تخصیص یافته به بازیکنان $(\sum_{i=1}^n X_i)$ باید برابر منافع ایجادشده با تشکیل ائتلاف جمعی $V(N)$ باشد؛ که به آن اصطلاحاً شرط عقلانیت گروهی گویند.

ب) دستاورد پیوستن به ائتلاف برای هر بازیکن نباید کمتر از دستاورد فقط عمل کردن باشد. به این شرط اصطلاحاً عقلانیت فردی گویند (رابطه‌ی ۲):

$$x_n \geq V(\{i\}), \forall i \in N \quad (2)$$

پس به طور کلی تخصیص عقلایی را می‌توان به صورت رابطه‌ی ۳ نمایش داد:

$$\sum_{i=1}^n x_i = V(N), x_n \geq V(\{i\}), \forall i \in N \quad (3)$$

پس از بیان مفاهیم بازی مشارکتی و نحوه‌ی روابط در صورت وجود ائتلاف، مباحث موجود در بازی چانه‌زنی بین دولت و پیمانکاران معدن با استفاده از بازی مشارکتی مدل‌سازی می‌شود. بدین منظور، در ابتدا فرض می‌شود که دستاورد ائتلاف دو بازیکن (دولت و پیمانکاران معدن) برابر با $V(1, 2) = V$ و دستاورد دولت مستقلاً برابر با $V(1) = a$ ، و پیمانکاران معدن مستقلاً برابر با $V(2) = b$ است. دستاورد خالص ائتلاف مطابق رابطه‌ی ۴ است:

$$V(1, 2) - V(1) - V(2) = V - a - b \quad (4)$$

اگر ضمن فرض مشارکتی بودن بازی سهم بازیکن اول (دولت) از V برابر c درصد و سهم بازیکن دوم (پیمانکاران معدن) برابر با d درصد باشد، دستاورد بازیکنان (دولت و پیمانکاران معدن) از تقسیم V بازی مطابق روابط ۵ الی ۸ خواهد بود:

$$x = a + c(V - a - b) = a(1 - c) + c(V - b) \quad (5)$$

$$x - a = c(V - a - b) \quad (6)$$

$$y = b + d(V - a - b) = b(1 - d) + d(V - a) \quad (7)$$

$$y - b = d(V - a - b) \quad (8)$$

با توجه به دو رابطه‌ی ۶ و ۷ می‌توان به رابطه‌ی ۹ رسید:

$$\frac{y - b}{x - a} = \frac{d}{c} \rightarrow y = b + \frac{d}{c}(x - a) \rightarrow \quad (9)$$

$$y = \frac{d}{c}x + (b - a\frac{d}{c})$$

نکته‌ی قابل توجه این است که مجموع x و y برابر با V خواهد بود (رابطه‌ی (۱۰):^(۱۲)

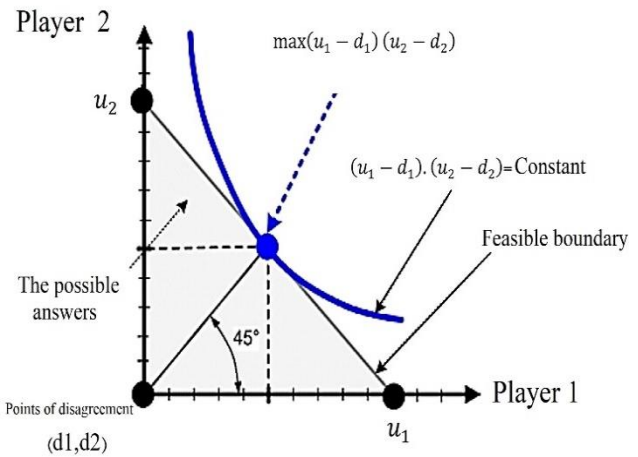
$$x + y = V \quad (10)$$

ادامه، نیاز است تا فرض‌های بازی بیان شوند تا بتوان توابع چانه‌زنی مرتبط با بازیکنان را تشکیل داد.

۱.۴. فرض‌های بازی

در بخش حاضر، فرض‌های بازی چانه‌زنی بین دولت و پیمانکاران معدن بیان شده است:

- (۱) بازی ایجادشده از نوع بازی دوجانبه است. دولت به‌عنوان بازیکن اول و ناظر بازی معرفی می‌شود. در سوی دیگر، نماینده‌ی بخش خصوصی، یعنی پیمانکاران، به‌عنوان بازیکن دوم فرض می‌شود.
- (۲) راهبردهای دولت، شامل پذیرش همکاری با پیمانکاران و نظارت بر سیاست‌های آن‌ها و رد همکاری و عدم نظارت بر رفتار آن‌هاست. در مقابل، راهبردهای پیمانکاران به دو انتخاب تقسیم می‌شود: پیمانکاران باید تصمیم بگیرند که: (۱) در پروژه می‌خواهند شرکت کنند و یا (۲) در سرمایه‌گذاری. اگر پیمانکاران بخواهند در پروژه‌ی معدنی شرکت کنند، باید مشخص کنند که کدامیک از سیاست‌های تولید ماده‌ی معدنی را اتخاذ خواهند کرد. سیاست‌های موجود برای پیمانکاران، شامل تولید پایدار و تولید بیشینه است.
- (۳) بازی چانه‌زنی یک بازی کامل^۱ است، بدین منظور روش استقراء معکوس، روشی مناسب برای حل بازی چانه‌زنی است؛ که در آن، از انتهای نمودار درختی موجود در شکل ۳، راهبرد بازیکنان بررسی و به سمت بالا تحلیل ادامه پیدا می‌کند. در ابتدا، راهبردهای اتخاذی توسط پیمانکاران بررسی و سپس عملکرد اتخاذی دولت در قبال تصمیم پیمانکاران مبنی بر مشارکت در پروژه تعیین می‌شود.
- (۴) سرمایه‌گذاری در پروژه‌ی معدنی به‌صورت سرمایه‌گذاری بازگشت‌پذیر است و به همین خاطر با علامت مثبت در توابع دستاورد ظاهر می‌شود.
- (۵) بازیکنان موجود در بازی منطقی هستند. این عبارت بدان معناست که بازیکنان به دنبال بیشینه‌سازی دستاورد خود از بازی هستند و راهبردهای موفق‌تر را انتخاب می‌کنند.

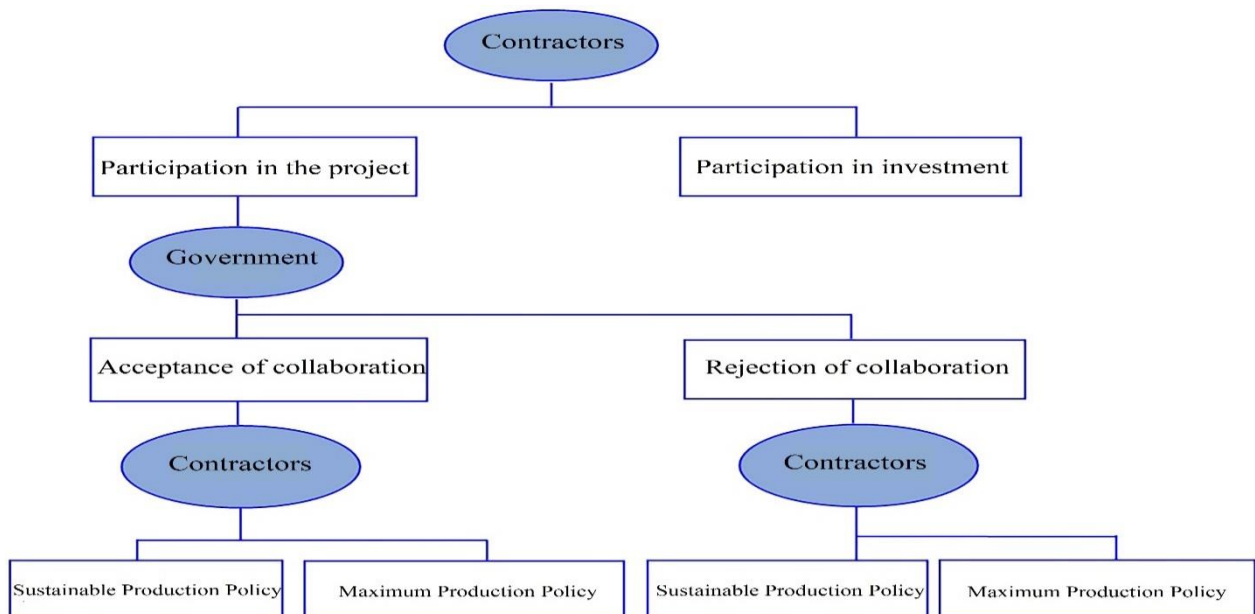


شکل ۲. راه‌حل الگوریتم چانه‌زنی نش.^[۱۸]

این راه‌حل، تمام اصول نش را برآورده می‌سازد. باید توجه شود که در این مورد، تمام شرکت‌کنندگان در بازی به‌صورت هم‌زمان به تصمیم‌گیری می‌پردازند.

۴. بازی تعارض مدیریت با پیمانکاران

راه‌حل چانه‌زنی، یکی از مناسب‌ترین راه‌ها برای حل تعارض بین دولت و پیمانکاران معدن است. همان‌طور که گفته شد، راه‌حل چانه‌زنی با در نظر گرفتن اولویت‌ها و دستاوردهای هر دو طرف، معیار منصفانه و عینی را برای ارزیابی روابط دولت با پیمانکاران معدن ارائه می‌کند و تشخیص می‌دهد که هر دو بازیکن ممکن است اهداف و اولویت‌های متفاوتی داشته باشند و به دنبال شناسایی یک سازش سودمند متقابل است. همچنین می‌تواند با اولویت‌دادن گزینه‌ها در انتخاب‌های موجود، دستاورد را برای هر دو طرف به میزان بیشینه برساند و چالش تخصیص منابع مالی در پروژه‌های معدن را برطرف سازد. در



شکل ۳. نمودار درختی بازی چانه‌زنی.

^۱ Perfect game

۲.۴. توابع چانه‌زنی

و تجربه، \hat{I} نرخ تنزیل و t دوره‌ی زمانی محاسبه‌ی دستاورد است. در صورت تمایل به همکاری از سوی پیمانکاران، بازی ادامه پیدا خواهد کرد. راهبرد دوم، شامل ورود پیمانکاران به پروژه و وارد کردن سرمایه‌ی بخش خصوصی به معدن است.

در مرحله‌ی بعد، نوبت به انتخاب راهبرد دولت می‌رسد. گزینه‌های موجود در انتخاب‌های دولت، شامل قبول همکاری و نظارت بر پیمانکاران و در سوی دیگر، رد همکاری و عدم نظارت بر رفتار پیمانکاران است. در صورت به توافق نرسیدن دولت با پیمانکار، پروژه‌ی معدنی به بخش خصوصی واگذار و فقط سرمایه‌گذاری پیمانکاران در توابع جایگذاری می‌شود. اما در سوی دیگر، اگر دولت راهبرد قبول همکاری را انتخاب کند، پروژه‌ی معدنی به یک پروژه‌ی عمومی - خصوصی تبدیل می‌شود. نکته‌ی قابل توجه این است که در صورت نظارت دولتی، پارامترهای نظارتی در توابع دستاورد بازیکنان وارد می‌شوند.

پس از ارزیابی وضعیت واگذاری پروژه، گام بعدی بر روی تدوین سیاست‌های مربوط به پیمانکاران در اجرای پروژه‌ی معدنی تمرکز دارد. در این مرحله، به بررسی سیاست‌های پیمانکاران در صورت نظارت و یا عدم نظارت دولت پرداخته می‌شود. روند بازی چانه‌زنی در نمودار درختی در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

به همین منظور برای بررسی دستاوردهای دولت و پیمانکاران، ابتدا حالتی در نظر گرفته شده است که دولت نظارت را انتخاب می‌کند. در این وضعیت، پیمانکاران اگر راهبرد پیش روی خود را سیاست تولید پایدار انتخاب کنند، دستاورد دولت و پیمانکاران به ترتیب مطابق با روابط ۱۶ و ۱۷ خواهد بود:

$$U_G = \frac{\varphi I_{PPP} + (P_G + r_1) - b}{(1+i)^t} \quad (16)$$

$$U_C = \frac{(1-\varphi)I_{PPP} + (P_C + r_1) + b}{(1+i)^t} \quad (17)$$

که در آن‌ها، I_{PPP} مقدار سرمایه‌گذاری بازیکنان در صورت همکاری با یکدیگر، r_1 سود حاصل از اتخاذ سیاست تولید پایدار، و b پارامتر تشویقی ناظر برای رعایت شاخص‌های پایداری در معدن است. سود حاصل از سیاست تولید پایدار از طریق بهره‌وری بالاتر به دلیل بازیابی مواد معدنی، کاهش هزینه‌های پروژه‌های معدنی، کاهش ریسک‌های محیطی، توسعه‌ی اقتصادی، ایجاد اشتغال، و افزایش انگیزه‌ی کارکنان ایجاد می‌شود. حال اگر پیمانکاران سیاست تولید بیشینه را در وضعیت نظارت دولتی انتخاب کنند، به دلیل تخطی در استخراج مجاز، با جریمه‌ی دولتی مواجه می‌شوند. در این حالت، پیمانکاران به دلیل استخراج بالاتر نیاز به خرید تجهیزات با هزینه‌های بیشتر دارند، که سرمایه‌گذاری در پروژه را افزایش می‌دهد. دستاوردهای دولت و پیمانکاران در وضعیت اخیر به ترتیب در روابط ۱۸ و ۱۹ ارائه شده است:

$$U_G = \frac{\varphi(I_{PPP} + r_1) + P_G + p}{(1+i)^t} \quad (18)$$

$$U_C = \frac{(1-\varphi)(I_{PPP} + r_1) + P_C - p}{(1+i)^t} \quad (19)$$

که در آن‌ها، r_1 سود حاصل از استخراج بیشتر از حد مجاز برای بازیکنان و p جریمه‌ی دولتی برای رعایت نکردن مقررات استخراجی در معدن است.

یکی از جنبه‌های کلیدی چانه‌زنی نش، مجموعه‌ی راهبردها یا موقعیت‌های مذاکره است، که در دسترس هر بازیکن قرار می‌گیرد. طبق فرض‌ها، پیمانکاران در بازی تخصیص منابع مالی، شروع‌کننده‌ی بازی هستند و راهبردهای ابتدایی ایشان، تمایل و یا عدم تمایل برای مشارکت با دولت در بازی است. مجموعه‌ی راهبردها در بازی چانه‌زنی به نوبت میان دو بازیکن تغییر می‌یابد. به این صورت که در مرحله‌ی بعدی، نوبت به انتخاب راهبرد دولت می‌رسد. جنبه‌ی بعدی مهم در چانه‌زنی نش، توابع دستاورد برای هر بازیکن است. به عبارت دیگر، توابع دستاورد، هدف هر بازیکن را در مذاکره‌ها تعیین می‌کند. برای دولت، این ممکن است شامل بیشینه‌سازی درآمد مالیاتی، بیشینه‌سازی سلامت و ایمنی عمومی، کمینه‌سازی آثار زیست‌محیطی، یا ترکیبی از همه‌ی عوامل مذکور باشد. برای شرکت‌های معدنی نیز ممکن است بیشینه‌ساختن سود از طریق تولید بیشتر، کمینه‌سازی هزینه‌ها، افزایش تأثیر اجتماعی یا پایداری، یا ترکیبی از اهداف ذکر شده باشد.

با توجه به مفهوم چانه‌زنی، فضای تعارض میان هدف‌ها با زوج مرتب (H, d) مشخص می‌شود. مجموعه‌ی منافع بازی، میزان سرمایه‌گذاری است و نقطه‌ی تعارض بین دولت و پیمانکاران معدن، سهم هر یک از انجام پروژه در نظر گرفته می‌شود. میزان سرمایه‌گذاری و سهم اجرای پروژه‌ی هر کدام به ترتیب با I و φ نمایش داده می‌شود. سهم اجرای پروژه مقداری بین ۰ تا ۱ دارد ($0 < \varphi < 1$). اگر دولت اقدام انحصاری برای اجرای پروژه صورت دهد، در آن صورت مقدار φ برای دولت برابر با ۱ خواهد بود. در صورت همکاری کردن دولت و پیمانکاران، درصد مشارکت در پروژه برای دولت با φ و برای پیمانکاران با $1-\varphi$ مشخص می‌شود. در بحث هزینه‌ها، میزان سرمایه‌گذاری هر یک از بازیکنان موجود در بازی I_n مشخص می‌شود. اندیس n می‌تواند نشانگر دولت (G) و یا پیمانکاران معدنی (C) باشد. با توجه به منافع و تعارض‌های موجود در زوج مرتب تشکیل شده در فرض بازی می‌توان دستاورد کلی بازی را همانند رابطه‌ی ۱۳ نمایش داد:

$$B(I, \varphi) = \varphi B_G(I_G) + (1-\varphi)B_C(I_C) \quad (13)$$

که در آن، $B_G(I_G)$ دستاورد دولت و $B_C(I_C)$ دستاورد پیمانکاران معدن است. با توجه به اینکه بازی از نوع مشارکتی و اطلاعات کامل است، بازیکنان از انتخاب‌های یکدیگر اطلاع دارند. شروع‌کننده‌ی بازی، پیمانکار است؛ او پس از انتخاب راهبرد خود، نوبت را به دولت واگذار می‌کند. پیمانکار در انتخاب اول خود باید تصمیم بگیرد که ورود به پروژه برای او تا چه میزان جذاب است. مشارکت پیمانکاران در پروژه می‌تواند به دو صورت باشد: در راهبرد اول، پیمانکاران در سرمایه‌گذاری پروژه به دولت کمک خواهند کرد و دستاورد دولت و پیمانکاران به ترتیب مطابق روابط ۱۴ و ۱۵ خواهد بود:

$$U_G = \frac{(\varphi I_G + P_G)}{(1+i)^t} \quad (14)$$

$$U_C = \frac{(1-\varphi)I_G + P_C}{(1+i)^t} \quad (15)$$

که در آن‌ها، U_G دستاورد دولت، U_C دستاورد پیمانکاران، I_G میزان سود حاصل از سرمایه‌گذاری دولت، P_G درآمد جانبی برای دولت حاصل از توسعه‌ی اقتصادی، ایجاد اشتغال، رعایت استانداردهای محیط‌زیستی، P_C درآمد جانبی برای پیمانکاران معدن حاصل از انحصار به‌وجودآمده در پروژه، توسعه‌ی دانش

نش قرار گرفته‌اند و می‌توانند به‌عنوان جواب مسئله بیان شوند. برای محاسبه‌ی نقطه‌ی تعادل نیاز است تمامی دستاوردهای کسب‌شده توسط بازیکنان را به صورت مجزا محاسبه کرد تا بتوان از معادله‌ی دستاورد جدید مشتق گرفته شود و بیشینه‌ی آن نسبت به سهم مشارکت هر بازیکن در پروژه محاسبه شود. در ادامه، مجموع پرداختی‌ها برای هر بازیکن مطابق رابطه‌ی ۲۶ به‌دست می‌آید:

$$U_{total}^G(\varphi, I) = \frac{\varphi(I_{PPP} + I_G + r_r) + (P_G + r_r) + p - b}{(1+i)^t} \quad (26)$$

که در آن، $U_{total}^G(\varphi, I)$ دستاورد تجمیعی دولت است. نکته‌ی قابل توجه این است که رابطه‌ی اخیر از مجموع دستاوردهای پرداختی بازی به دولت به‌دست آمده است. از سوی دیگر، دستاورد تجمیعی پیمانکاران مطابق رابطه‌ی ۲۷ به‌دست می‌آید:

$$U_{total}^C(\varphi, I) = \frac{(1-\varphi)(I_{PPP} + I_C + r_r) + (P_C + r_r) + b - p}{(1+i)^t} \quad (27)$$

برای محاسبه‌ی مشتق، φ برابر با m و $1 - \varphi$ برابر با n در نظر گرفته شده است. واضح است که مجموع m و n برابر ۱ است (رابطه‌های ۲۸ و ۲۹):

$$U_{total}^G = \frac{m(I_{PPP} + I_G + r_r) + (P_G + r_r) + p - b}{(1+i)^t} \quad (28)$$

$$\frac{dU_G}{dm} = \frac{I_{PPP} + I_G + r_r}{(1+i)^t} \quad (29)$$

به‌منظور محاسبه‌ی تعادل دستاورد پیمانکاران نیز مراحل اخیر مطابق روابط ۳۰ و ۳۱ تکرار می‌شوند:

$$U_{total}^C = \frac{n(I_{PPP} + I_C + r_r) + (P_C + r_r) + b - p}{(1+i)^t} \quad (30)$$

$$\frac{dU_C}{dn} = \frac{I_{PPP} + I_C + r_r}{(1+i)^t} \quad (31)$$

با توجه به روابط ۲۹ و ۳۱، تعادل بازی چانه‌زنی در نقطه‌ی $\left(\frac{I_{PPP}+I_G+r_r}{(1+i)^t}, \frac{I_{PPP}+I_C+r_r}{(1+i)^t}\right)$ به‌دست می‌آید.

با توجه به نقطه‌ی تعادلی می‌توان گفت که در نقطه‌ی ذکر شده، بازیکنان به بیشینه‌ی مقدار دستاورد در طول راهبرد انتخابی خواهند رسید. نکته‌ی قابل توجه در نقطه‌ی تعادل این است که میزان بیشینه‌ی مقدار دستاورد، بیشترین مقدار دستاورد دریافتی در طول بازی نیست و فقط بیشینه‌ی دستاورد امکان‌پذیر را در صورتی که دستاورد تمامی بازیکنان در آن دخیل باشد، پیشنهاد می‌کند.

۵. اجرای بازی و بحث

پس از بیان مفاهیم مربوط به چانه‌زنی در محیط نظریه‌ی بازی‌ها، حال در مرحله‌ی اجرای بازی ذکر شده، در هر گام از بازی، سرمایه‌گذاری‌های متناسب با هر کدام تخصیص داده می‌شود. لذا با توجه به مشارکت بین دولت و پیمانکاران معدن، اعتبارهای تخصیص‌یافته به ۳ شاخه‌بندی: پروژه‌های امانی

پس از بررسی راهبردهای پیمانکاران در صورت نظارت دولت، حال نوبت به انتخاب عدم نظارت توسط دولت می‌رسد. در این وضعیت، دولت در سرمایه‌گذاری بخش خصوصی سهم است و از اعمال پارامترهای نظارتی بی‌نیاز است. لذا هنگامی که پیمانکاران بخواهند سیاست تولید پایدار را انتخاب کنند، به دستاوردهایی مطابق روابط ۲۰ و ۲۱ دست می‌یابند:

$$U_G = \frac{\varphi I_C + (P_G + r_r)}{(1+i)^t} \quad (20)$$

$$U_C = \frac{(1-\varphi)I_C + (P_C + r_r)}{(1+i)^t} \quad (21)$$

که در آن‌ها، I_C نشانگر میزان سود حاصل از سرمایه‌گذاری پیمانکاران معدن است. سیاست تولید بیشینه در این وضعیت دستاوردهای دولت و پیمانکاران را با روابط ۲۲ و ۲۳ برابر می‌کند:

$$U_G = \frac{\varphi(I_C + r_r) + P_G}{(1+i)^t} \quad (22)$$

$$U_C = \frac{(1-\varphi)(I_C + r_r) + P_C}{(1+i)^t} \quad (23)$$

۳.۴. بررسی تعادل بازی

تعادل در نظریه‌ی بازی‌ها، حالتی است که در آن هیچ بازیکنی انگیزه‌ی برای تغییر راهبرد خود ندارد، با این فرض که همه‌ی راهبردهای بازیکنان دیگر ثابت بماند؛ به‌عبارت دیگر، هیچ بازیکنی نمی‌تواند با تغییر یک‌جانبه‌ی راهبرد خود، سود خود را بهبود بخشد. مفهوم تعادل بر این فرض استوار است که همه‌ی بازیکنان، تصمیم‌گیرندگان منطقی هستند و همیشه راهبردی را انتخاب می‌کنند که سود خود را به میزان بیشینه می‌رساند. ایده‌ی تعادل، یک مفهوم اساسی در نظریه‌ی بازی‌هاست، زیرا چارچوب مهمی برای تجزیه و تحلیل رفتار راهبردی در شرایطی که بازیکنان با منافع رقابتی روبرو هستند، فراهم می‌کند. در یک محیط رقابتی، بازیکنان ممکن است سعی کنند برای رسیدن به اهداف خود از یکدیگر پیشی بگیرند، اما مفهوم تعادل به آن‌ها اجازه می‌دهد تا بفهمند که چگونه تصمیم‌های بازیکنان باید هماهنگ شوند تا به بهترین نتیجه برای همه‌ی شرکت‌کنندگان دست پیدا کنند. به‌منظور بررسی تعادل بازی، تعدادی از فرض‌های بازی در ادامه بیان شده است. برای به‌دست‌آوردن پاسخ‌های مطلوب در فضای چانه‌زنی، لازم است توابع دستاوردهای بازیکنان با دو شرط اساسی بررسی شود: **شرط اول:** تابع دستاورد باید به‌طور مطلق مثبت باشد و **شرط دوم:** تابع اکیداً صعودی باشد. در ابتدا، وضعیت دستاورد دولت و پیمانکاران در اولین انتخاب بررسی می‌شود. روابط ۱۴ و ۱۵ را می‌توان به‌عنوان تابعی از سرمایه‌گذاری ($f(I)$) مطابق روابط ۲۴ و ۲۵ نوشت:

$$f(I) = \frac{\varphi I + P}{(1+i)^t} \rightarrow f(0) = \frac{P}{(1+i)^t} \quad (24)$$

$$f(I) = \frac{\varphi I + P}{(1+i)^t} \rightarrow f'(I) = \frac{\varphi}{(1+i)^t} \quad (25)$$

با توجه به اینکه پارامترهای P ، φ ، و I پارامترهای مثبتی هستند، قطعاً جواب مسئله در فضای تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد. برای به‌دست‌آوردن جواب‌های دیگر مسئله نیاز است روابط دستاوردهای بازیکنان (روابط ۱۶ تا ۲۳) مشابه وضعیت سرمایه‌گذاری دولتی بررسی و از برقراری شروط دوگانه اطمینان حاصل شود. طبق محاسبه‌ها، تمامی توابع بازیکنان در فضای تصمیم‌گیری

جدول ۲. مقادیر توابع دستاورد. [۲۴-۲۰]

مقدار	پارامتر
۴۷۴۶۸۵	میزان سرمایه‌گذاری تخصیص‌یافته برای پروژه‌ی دولتی (میلیارد ریال)
۱۷۷۹۷۳	میزان سرمایه‌گذاری تخصیص‌یافته برای پروژه‌ی خصوصی (میلیارد ریال)
۴۷۱۷۷۹	میزان سرمایه‌گذاری تخصیص‌یافته برای پروژه‌ی تعاونی (میلیارد ریال)
۲۷۹۱۶۴۷	درآمد جانبی دولت (میلیارد ریال)
۶۴۱۳۴	درآمد جانبی پیمانکاران (میلیارد ریال)
۱۲۸۲۷	سود حاصل از اتخاذ سیاست تولید پایدار (میلیارد ریال)
۱۷۷۹۷	سود حاصل از اتخاذ سیاست تولید بیشینه (میلیارد ریال)
۶۵۰۰	جریمه و پاداش دولت (میلیارد ریال)
۴۸	درصد مشارکت دولت در پروژه‌ها
۵۲	درصد عدم مشارکت دولت در پروژه‌ها (حضور بخش خصوصی)
۱۴	نرخ تنزیل (درصد)
۱۰	دوره‌ی زمانی مشارکت (سال)

$$U_C = \frac{(\cdot/52 \times 177973) + (64134 + 12827)}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 45723$$

پیمانکاران دستاوردی برابر با این مقادیر در سیاست تولید بیشینه به‌دست می‌آورند:

$$U_G = \frac{\cdot/48(177973 + 17797) + 2791647}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 778377$$

$$U_C = \frac{\cdot/52(177973 + 17797) + 64134}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 4476$$

بعد از بررسی انتخاب‌های پیمانکاران در مقابل راهبرد عدم نظارت، نوبت به اعمال پارامترهای نظارتی توسط دولت طبق روابط ۱۶ الی ۱۹ می‌رسد. محاسبه‌ی دستاورد بازیکنان در وضعیت تولید پایدار برابر با این مقادیر است:

$$U_G = \frac{(\cdot/48 \times 471779) + (2791647 + 12827) - 6500}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 81582$$

$$U_C = \frac{(\cdot/52 \times 471779) + (64134 + 12827) + 6500}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 88688$$

در سمت دیگر، نوبت به بررسی سیاست تولید بیشینه‌ی پیمانکاران در وضعیت نظارت دولتی می‌رسد:

(سرمایه‌گذاری دولت)، پروژه‌های پیمانی (سرمایه‌گذاری خصوصی)، و پروژه‌های امانی - پیمانی (سرمایه‌گذاری در حالت مشارکتی) تقسیم می‌شوند. یکی از چالش‌های موجود در بخش داده‌ها، نبود اطلاعات مالی و سرمایه‌گذاری در بخش معدن بوده است. به همین منظور در نوشتار حاضر با استفاده از اطلاعات تمامی پروژه‌های عمرانی اجرا شده و تعمیم آن‌ها، مقادیر موردنیاز برای روابط به‌دست آمده است. با استفاده از آمارهای بخش معدن در سازمان خصوصی‌سازی مشخص شد که ۵۲٪ پروژه‌های معدنی توسط پیمانکاران اجرا و مابقی آن‌ها، ماهیتی دولتی داشته است. قراردادهای دولت و پیمانکاران معدن، مدت زمان متغیری دارند. مدت زمان قرارداد بستگی به عواملی، همچون: نوع معدن، میزان سرمایه‌گذاری، مراحل استخراج و فرآوری، قوانین و مقررات محلی و بین‌المللی، و غیره دارد. با توجه به چنین مسائلی برای مدت زمان مشارکت بین دولت و پیمانکاران معدن، یک میانگین از قراردادهای کوتاه‌مدت و بلندمدت موجود انجام و زمان ۱۰ ساله برای نوشتار حاضر فرض شده است. در ادامه، توابع دستاورد بازیکنان با استفاده از پارامترهای بیان‌شده به‌دست آمده‌اند.

با توجه به بازی شکل‌گرفته در صورت اتخاذ هر یک از سیاست‌های موجود، پیمانکاران با یک سود مواجه می‌شوند. زمانی که پیمانکاران تصمیم به انتخاب سیاست تولید پایدار می‌گیرند، این تصمیم می‌تواند به تحقق اهداف مختلفی در زمینه‌ی توسعه‌ی معدنکاری منجر شود. از جمله مزایا و آثار سیاست تولید پایدار می‌توان به افزایش درآمد جانبی معدن، همچون بهبود فرآیند بازیافت باطله‌ها و استفاده‌ی مجدد از منابع در فرآیند تولید اشاره کرد. همچنین، اعتماد به تکنولوژی‌های پیشرفته و به‌روز و استفاده از تجهیزات مدرن نیز به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند. اقدام‌های اخیر، به دستیابی به معدنکاری پایدار و ایجاد تأثیر مثبت در محیط‌زیست و جوامع محلی کمک می‌کند. سود حاصل از سیاست اخیر به‌صورت تقریبی برابر با ۲۰٪ درآمد جانبی پیمانکاران در نظر گرفته می‌شود. در مقابل، زمانی که پیمانکاران تولید بیشینه را انتخاب کنند، فرض می‌شود ۱۰٪ بیشتر از حد مجاز استخراج کنند. این مقدار سبب افزایش درآمد حاصل از فروش ماده‌ی معدنی می‌شود. به همین علت سود حاصل از اتخاذ این سیاست برابر با ۱۰٪ سرمایه‌گذاری صورت‌پذیرفته توسط پیمانکاران است. نکته‌ی قابل توجه این است که پارامترهای نظارت دولت در پژوهش حاضر از لحاظ مقدار برابر با مالیات دریافتی دولت از پروژه‌های مذکور فرض شده است. بدین ترتیب پیمانکاران با اتخاذ سیاست‌های موجود به اندازه‌ی مقدار مالیات دولتی، جریمه و پاداش از دولت دریافت می‌کنند. در جدول ۲، داده‌های موردنیاز دستاورد بازیکنان ارائه شده است.

برای یافتن تعادل بازی از روش استقراء معکوس استفاده می‌شود. برای این امر نیاز است دستاوردهای بازیکنان از آخرین مرحله محاسبه شود و به سمت بالا حرکت کند. به همین دلیل، بیشترین مقدار دستاورد هر بازیکن با استفاده از روابط انتخاب و به‌عنوان دستاورد ورودی در گام بعدی وارد می‌شود. طبق روابط ۲۰ الی ۲۳، دستاوردهای دولت و پیمانکاران در صورت عدم نظارت دولتی محاسبه می‌شود. برای این کار با استفاده از مقادیر جدول ۲، دستاورد اتخاذ سیاست تولید پایدار در ابتدا بررسی شده است:

$$U_G = \frac{(\cdot/48 \times 177973) + (2791647 + 12827)}{(1 + \cdot/14)^{10}} = 779532$$

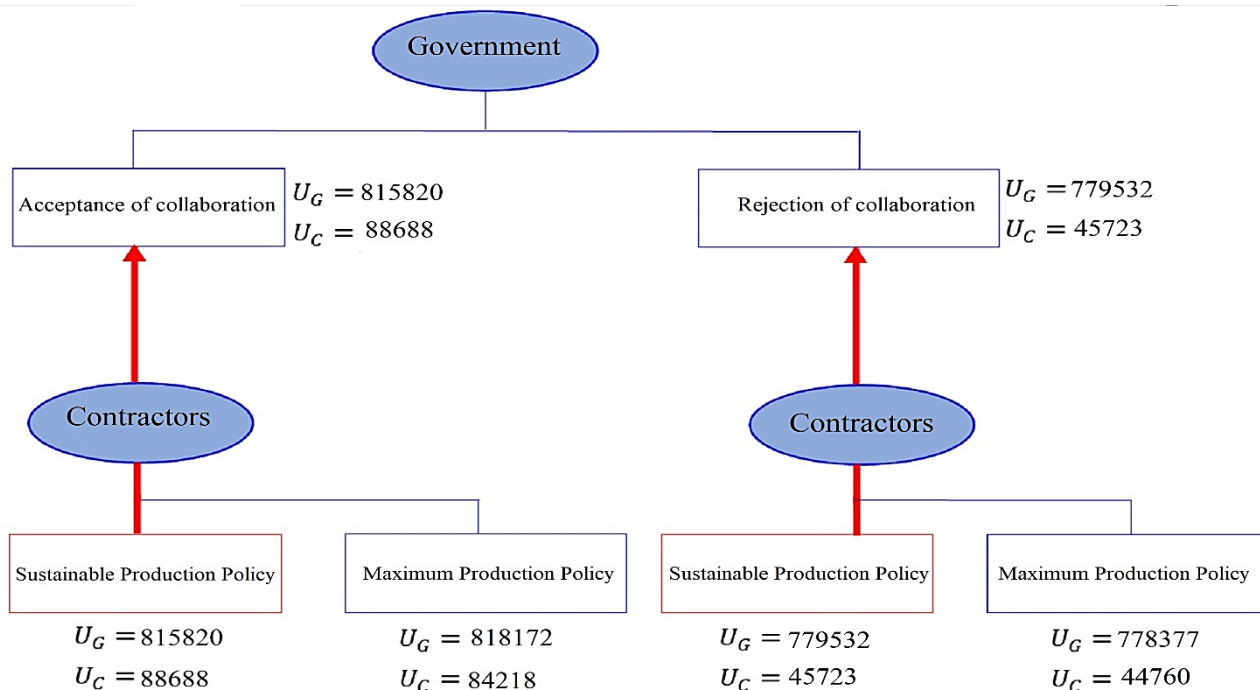
راهبرد انتخاب عقلایی برای پیمانکاران است (۴۴۷۶۰ < ۴۵۷۲۳) در صورت عدم نظارت دولت؛ ۸۴۲۱۸ < ۸۸۶۸۸ در صورت نظارت دولت).

در مرحله ی بعد نیاز است دولت وضعیت همکاری و نظارت خود را مشخص کند. دستاوردهای این مرحله از طریق الگوریتم استقراء معکوس در مرحله ی قبلی مشخص و توسط پیکان‌ها به بالا انتقال یافته‌اند. با توجه به شکل ۵، دولت از بین دو انتخاب موجود، راهبرد همکاری و نظارت بر رفتار پیمانکاران را انتخاب می‌کند؛ چرا که دستاورد حاصل از راهبرد اخیر، نسبت به راهبرد عدم نظارت برتری دارد (۷۷۹۵۳۲ < ۸۱۵۸۲۰).

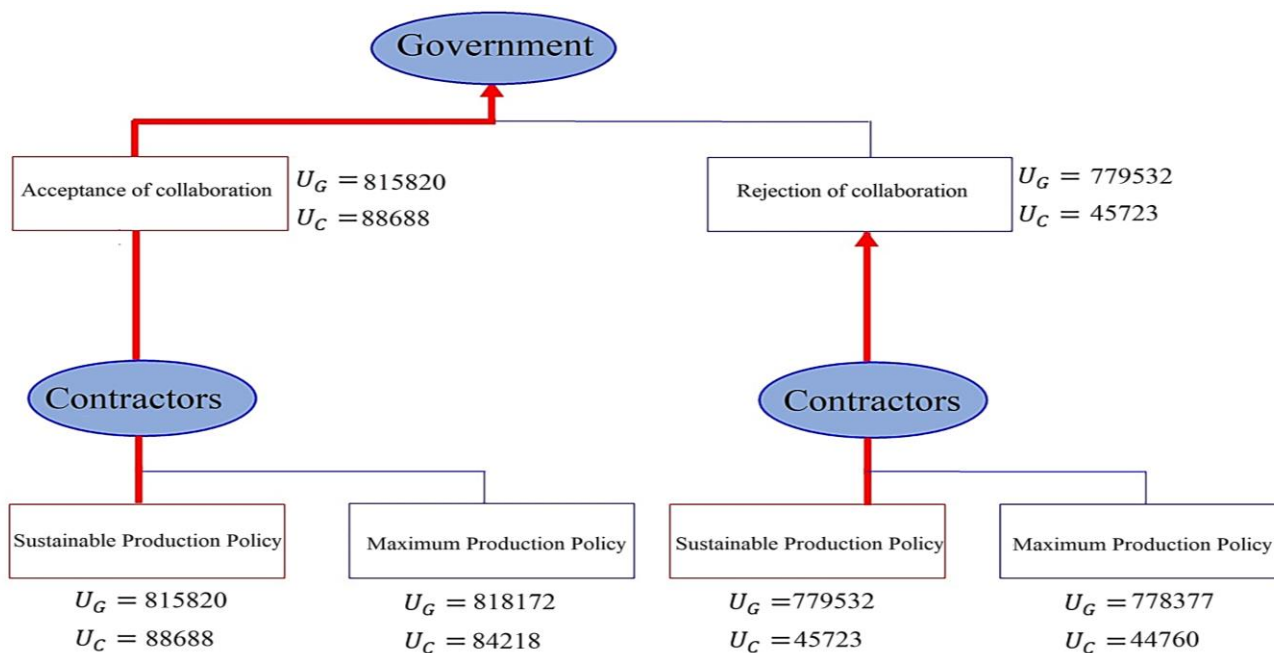
$$U_G = \frac{0.48(471779 + 17797) + 2791647 + 6500}{(1 + 0.14)^1} = 818172$$

$$U_C = \frac{0.52(471779 + 17797) + 64134 - 6500}{(1 + 0.14)^1} = 84218$$

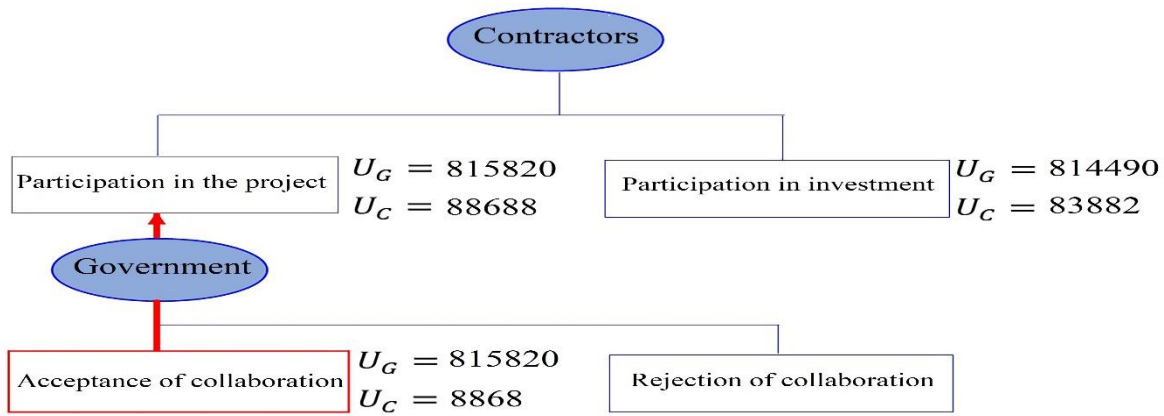
همان‌طور که گفته شد، محاسبات بازی از انتها آغاز و به سمت بالا حرکت می‌کند. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده می‌توان با استفاده از روش استقراء معکوس، مسیر تعادلی بازی را به‌دست آورد. با توجه به شکل ۴، انتخاب پیمانکاران از بین دو گزینه ی نظارتی دولت صورت می‌گیرد. در هر دو گزینه ی موجود، با توجه به برتری در دستاوردهای حاصل از سیاست تولید پایدار، این



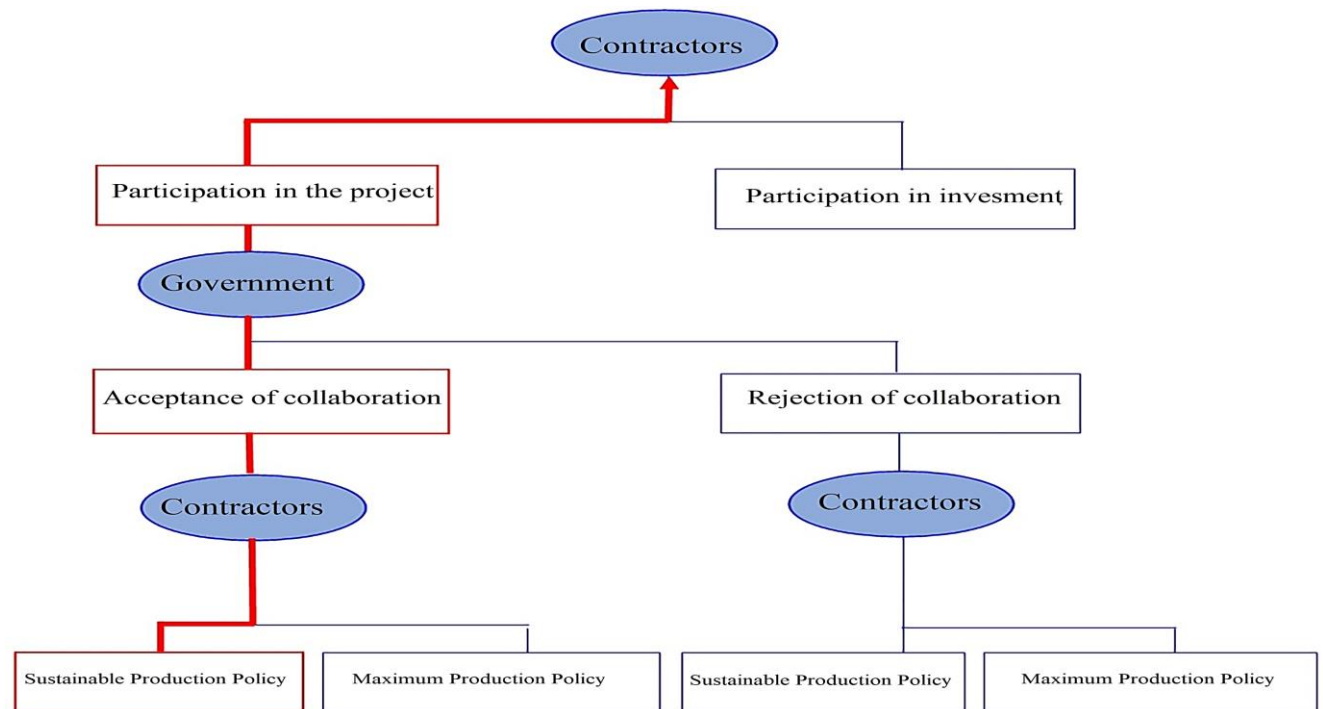
شکل ۴. مرحله ی اول بازی چانه‌زنی.



شکل ۵. مرحله ی دوم بازی چانه‌زنی.



شکل ۶. مرحله‌ی سوم بازی چانه‌زنی.



شکل ۷. مسیر تعادلی بازی چانه‌زنی.

خصوصی به پروژه‌های معدنی است (۸۳۸۸۲ < ۸۸۶۸۸). شکل نهایی مسیر تعادل بازی چانه‌زنی دولت و پیمانکاران مطابق شکل ۷ است.

نکته‌ی قابل توجه در مسیر تعادلی این است که مسیر تعادلی با توجه به گزینه‌های موجود تعیین شده است و روش مذکور به دنبال بیشینه‌سازی دستاورد هیچ‌یک از طرفین بازی نیست. با توجه به جواب مسئله، همکاری بین دولت و پیمانکاران معدن موجب افزایش دستاورد برای هر دو طرف بازی شده است، لذا در ادامه، به بازی مشارکتی و تشکیل ائتلاف شکل گرفته در بازی پرداخته شده است. همچنین سعی بر این بوده است که سهم طرفین در بازی چانه‌زنی پروژه‌های معدنی تعیین شود.

همان‌طور که گفته شد، بازی با دو بازیکن شامل ۳ ائتلاف خواهد بود (در اینجا ائتلاف اول: {۱} دولت، ائتلاف دوم: {۲} پیمانکاران معدن، ائتلاف سوم: {۱،۲} دولت و پیمانکاران معدن). مقادیر ائتلاف‌ها در صورت انتخاب هر یک از سیاست‌های موجود برابر با این اعداد است:

پس از مشخص شدن راهبرد انتخابی بازیکنان در گام اول، نیاز است در گام دوم به بررسی میزان تمایل مشارکت پیمانکاران پرداخته شود تا مسیر تعادلی بازی چانه‌زنی تکمیل شود. دستاورد بازیکنان در صورت سرمایه‌گذاری دولتی طبق روابط ۱۴ و ۱۵ محاسبه می‌شود.

$$U_G = \frac{48/0 \times 474685 + 2791467}{(1 + 14/0)^{10}} = 814490$$

$$U_C = \frac{52/0 \times 474685 + 64134}{(1 + 14/0)^{10}} = 83882$$

طبق شکل ۶ نوبت به انتخاب مجدد پیمانکاران می‌رسد. آن‌ها باید بین مشارکت در سرمایه‌گذاری دولتی و یا حضور در پروژه، یک گزینه را انتخاب کنند.

پس از مشاهده‌ی شکل ۶، با توجه به بزرگ‌تر بودن مقدار دستاورد در راهبرد مشارکت در پروژه، انتخاب منطقی پیمانکاران حضور و ورود سرمایه‌ی بخش

- در صورت انتخاب سیاست تولید پایدار:

$$V\{1\} = 814490 \text{ میلیارد ریال}$$

$$V\{2\} = 45723 \text{ میلیارد ریال}$$

$$V\{1 \text{ و } 2\} = 815820 + 88688 = 904508 \text{ میلیارد ریال}$$

- در صورت انتخاب سیاست تولید بیشینه:

$$V\{1\} = 814490 \text{ میلیارد ریال}$$

$$V\{2\} = 44760 \text{ میلیارد ریال}$$

$$V\{1 \text{ و } 2\} = 818172 + 84218 = 902390 \text{ میلیارد ریال}$$

در اینجا، $V\{1\}$ میزان دستاورد دولت در سرمایه‌گذاری امانی، $V\{2\}$ میزان دستاورد پیمانکاران در سرمایه‌گذاری پیمانی، و $V\{1 \text{ و } 2\}$ میزان دستاورد دولت و پیمانکاران در سرمایه‌گذاری تعاونی هستند. برای محاسبه‌ی مقدار بهینه‌ی چانه‌زنی نیاز است با استفاده از رابطه‌ی ۹، معادله‌ی خطوط ایجاد شده توسط تابع‌های مشخصه به دست آید، سپس نقطه‌ی تلاقی خطوط، جواب مسئله‌ی چانه‌زنی بین دولت و پیمانکاران معدن است (مطابق شکل ۸). ادامه، معادله‌ی خط ائتلاف دولت و پیمانکاران ارائه شده است.

- در صورت انتخاب سیاست تولید پایدار:

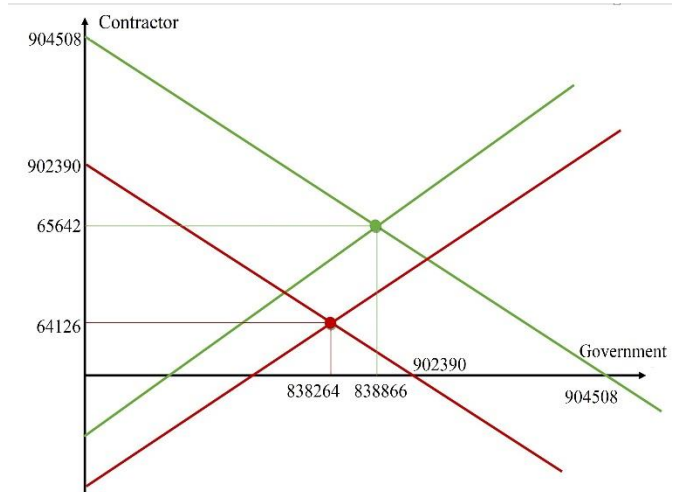
$$\frac{y - 45723}{x - 814490} = \frac{0/48}{0/52}$$

$$\begin{cases} y = 0/92x - 706114 \\ x + y = 904508 \end{cases}$$

- در صورت انتخاب سیاست تولید بیشینه:

$$\frac{y - 44760}{x - 814490} = \frac{0/48}{0/52}$$

$$\begin{cases} y = 0/92x - 707077 \\ x + y = 902390 \end{cases}$$



Alliance of Players in Sustainable Production Policy

Alliance of Players in Maximum Production Policy

شکل ۸. راه‌حل چانه‌زنی نَش.

با توجه به مقادیر تعادلی شکل ۸ می‌توان گفت که سهم دولت در انتهای چانه‌زنی به ترتیب در سیاست تولید پایدار و تولید بیشینه برابر با ۸۳۸۸۶۶ و ۸۳۸۲۶۴ میلیارد ریال است. سهم پیمانکاران معدن نیز در دو سیاست ذکر شده، به ترتیب گذشته برابر با ۶۵۶۴۲ و ۶۴۱۲۶ میلیارد ریال است. اینجا، سهم بازیکن اول (دولت) از بازیکن دوم (پیمانکاران معدن) بیشتر است. به‌طور کلی عوامل زیادی در میزان دستاورد نهایی بازیکنان در انتهای بازی مؤثر است. در بازی چانه‌زنی، دولت با توجه به میزان سرمایه‌گذاری بیشتری که نسبت به پیمانکاران در معدن صورت داده است، سهم بیشتری را از مسئله‌ی تعارض کسب می‌کند. پارامتر دیگری که در میزان دستاورد نهایی بازیکنان دخیل بوده است، نرخ تنزیل است. هر چه بازیکن در محاسبه‌ی نرخ تنزیل خود از حاشیه‌ی سود بازار کوچک‌تری استفاده کند، سبب نرخ تنزیل کمتری خواهد شد و در نتیجه، درآمد کسب‌شده توسط بازیکن در طول زمان با کاهش کمتری مواجه می‌شود و در چانه‌زنی صورت‌تر خواهد بود. در نتیجه، قدرت چانه‌زنی بیشتری نسبت به بازیکن دیگر خواهد داشت. در مسئله‌ی حاضر، هر چه نرخ تنزیل بازیکن کوچک‌تر شود، در طول بازی چانه‌زنی، دولت و پیمانکاران معدن صورت‌تر عمل خواهند کرد. نتیجه‌ی دیگری که می‌توان از سهم بازیکنان در سیاست‌های اتخاذ شده گرفت، این است که اگر سهم پیمانکاران در ائتلاف تولید معدنی در وضعیت تولید بیشینه به مقدار ۶۵۶۴۲ میلیارد ریال برسد، تفاوتی میان سیاست‌ها برای پیمانکاران وجود ندارد. این وضعیت برای بازیکن دیگر یعنی دولت نیز وجود دارد. دولت هم به دلیل سودهای بیشتری که سیاست تولید پایدار نصیب جامعه می‌کند، از این وضعیت دستاورد بیشتری کسب می‌کند. نکته‌ی قابل توجه این است که اگر دولت پاداش نظارتی خود را برابر با اختلاف سهم خود در این دو سیاست وضع کند، حالتی رخ می‌دهد که دولت، ترجیحی در انتخاب و یا اتخاذ سیاست‌های استخراجی ندارد.

با توجه به حیاتی بودن استخراج منابع در زمینه‌ی توسعه‌ی اقتصادی و پایداری محیط‌زیست، تحلیل سناریوها، پارامترها و آثار آن‌ها در رفتار بازیکنان در پروژه‌های معدنی، نقش مهمی در درک پویایی مشارکت دارد. نوشتار حاضر توانسته است به تصمیم‌گیران و ذینفعان در پروژه‌های معدنی کمک کند تا عوامل تأثیرگذار در راهبردهای همکاری‌ها را درک کنند. مفهوم چانه‌زنی نش در زمینه‌ی همکاری‌های عمومی و خصوصی در صنعت معدن می‌تواند یک راهبرد کلیدی برای توسعه‌ی پایدار باشد. این نظریه، که به‌عنوان یک چارچوب ریاضی استفاده می‌شود، به دقت به تعاملات و رفتارهای اجتماعی بین دولت و شرکت‌های معدن می‌پردازد. لذا مدل مذکور می‌تواند در فهم موازنه و همکاری بین نهادهای عمومی و خصوصی در پروژه‌های معدن بهبود ایجاد کند و استفاده از آن برای تصمیم‌گیری بهتر در مدیریت منابع، با کمک نظارت دولتی، نقش مهمی در توسعه‌ی پایدار ایفا می‌کند. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مشارکت بخش‌های عمومی و خصوصی و اعمال پارامترهای تشویقی در اتخاذ بخش خصوصی به سیاست‌های تولید پایدار، تأثیر مثبتی دارد. در بخش پیشنهادها می‌توان در بررسی‌های آینده به آثار اقتصادی و اجتماعی استخراج منابع و میزان اثربخشی سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ی محلی اشاره کرد. تحلیل آثار محیط‌زیستی استخراج منابع در اکوسیستم و راه‌حل‌های قابل اجرای دولتی را نیز می‌توان به عنوان یکی از مباحث پژوهشی آتی در نظر گرفت. همچنین، توسعه‌ی بیشتر در زمینه‌ی پارامترهای اقتصادی و اجتماعی می‌تواند کامل‌بودن مدل را افزایش دهد و آثار سودمند توسعه‌ی پایدار را ارزیابی کند.

۶. نتیجه‌گیری

استخراج مواد معدنی، یکی از زمینه‌های اساسی در تأمین نیازهای مواد اولیه برای تولید صنعتی و اقتصادی جوامع جهانی است. با این حال، روابط بین بخش‌های عمومی و خصوصی در صنعت معدن ممکن است پیچیده و چالش‌برانگیز باشد، به ویژه زمانی که یک شراکت دوجانبه وجود دارد. برای بهبود مدل‌سازی رابطه بین دولت و پیمانکاران معدنی در پژوهش حاضر از روش چانه‌زنی نش برای ارائه‌ی راهبردها و مقادیر مشارکت بازیکنان استفاده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهند که مشارکت بخش‌های عمومی

و خصوصی و اعمال پارامترهای تشویقی در اتخاذ سیاست‌های تولید پایدار توسط پیمانکاران معدنی، تأثیر مثبتی دارد. در آخر نیز با محاسبه‌ی میزان دستاورد هر یک از بازیکنان می‌توان دریافت که سهم دولت در سیاست تولید پایدار و تولید بیشینه به ترتیب ۸۳۸۸۶۶ و ۸۳۸۲۶۴ میلیارد ریال و در مقابل، سهم پیمانکاران معدن نیز به ترتیب ۶۵۶۴۲ و ۶۴۱۲۶ میلیارد ریال بوده است. بر این اساس، دستاورد دریافتی بخش دولتی نسبت به بخش خصوصی بیشتر بوده است؛ لذا قدرت چانه‌زنی بخش دولتی بالاتر از بخش خصوصی خواهد بود؛ که به دلیل حجم سرمایه‌گذاری بالای دولت نسبت به بخش خصوصی است.

References- منابع

- Faraji-Kalarijani, H.R. and Jalali, S.M.E., 2020. Identifying and Prioritizing Factors Affecting the Success of Public/Private Participation in Mining Projects. *Journal of Mining Engineering*, 15(47), pp.14-29. <https://doi.org/10.22034/ijme.2020.105336.1714> [In Persian].
- Domínguez-Gómez, J.A. and González-Gómez, T., 2021. Governance in mining: Management, ethics, sustainability and efficiency. *The Extractive Industries and Society*, 8(3), p.100910. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100910>
- Balhasan, S., Alnahhal, M., Shawan, S., Salah, B., Saleem, W. and Tabash, M.I., 2022. Optimization of Exploration and Production Sharing Agreements Using the Maxi-Min and Nash Solutions. *Energies*, 15(23), p.8970. <https://doi.org/10.3390/en15238970>
- Aghadadashli, H., Dertwinkel-Kalt, M. and Wey, C., 2016. The Nash bargaining solution in vertical relations with linear input prices. *Economics Letters*, 14(5), pp.291-294. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.07.008>
- Buso, M. and Greco, L., 2023. The optimality of public-private partnerships under financial and fiscal constraints. *Journal of Economics & Management Strategy*. <https://doi.org/10.1111/jems.12520>
- Cheng, S., Zuo, X., Wei, Z., Ni, K. and Wang, C., 2022. Nash bargaining-based cooperative game for distributed economic scheduling of microgrid with charging-swapping-storage integrated station. *International Journal of Energy Research*, 46(15), pp.23927-23938. <https://doi.org/10.1002/er.8689>
- Rehman, M. and Ishak, M., 2023. Moderation role of government acts, laws and policies between economic factors and risk management: A case study of Saudi Arabia contractors. *Journal of Project Management*, 8(4), pp.213-226. <https://doi.org/10.5267/j.jpm.2023.8.001>
- Liu, G., Wei, L., Gu, J., Zhou, T. and Liu, Y., 2020. Benefit distribution in urban renewal from the perspectives of efficiency and fairness: A game theoretical model and the government's role in China. *Cities*, 9(6), p.102422. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102422>
- Lippman, S.A., McCardle, K.F. and Tang, C.S., 2013. Using Nash bargaining to design project management contracts under cost uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 145(1), pp.199-207. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.04.036>
- Liu, D., Li, G., Hu, N. and Ma, Z., 2019. Application of real options on the decision-making of mining investment projects using the system dynamics method. *IEEE Access*, 7, pp.46785-46795. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909128>
- Liang, J., Shirsat, A. and Tang, W., 2020. Sustainable community based PV-storage planning using the Nash bargaining solution. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 118, p.105759. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105759>
- Collins, B.C. and Kumral, M., 2020. Game theory for analyzing and improving environmental management in the mining industry. *Resources Policy*, 69, p.101860. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101860>

13. Son, P.V.H. and Anh, P.K., 2021. Applying the noncooperative game model for compensation concept in contractor selection process for large-scale projects. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE)-HUCE*, 15(3), pp.123-135.
[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(3\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(3)-10)
14. Schopf, M. and Voss, A., 2019. Bargaining over natural resources: Governments between environmental organizations and extraction firms. *Journal of Environmental Economics and Management*, 97, pp.208-240.
<https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.12.002>
15. Sharafi, A., Amalnick, M.S. and Taleizadeh, A.A., 2022. Optimal readjustment of contract variables and the financial outcome of PPP projects in the operation period. *Construction Management and Economics*, 40(2), pp.87-103.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2021.2007536>
16. Matsumoto, A. and Szidarovszky, F., 2016. *Game Theory and its Applications*, (p. 35). Tokyo: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54786-0>
17. Leyton-Brown, K. and Shoham, Y., 2022. Essentials of game theory: A concise multidisciplinary introduction. *Springer Nature*.
<https://doi.10.1007/978-3-031-01545-8>
18. Compte, O. and Jehiel, P., 2010. The coalitional Nash bargaining solution. *Econometrica*, 78(5), pp.1593-1623.
<https://doi.org/10.3982/ECTA7883>
19. Contreras, I., Lozano, S. and Hinojosa, M.A., 2021. A DEA cross-efficiency approach based on bargaining theory. *Journal of the Operational Research Society*, 72(5), pp.1156-1167.
<https://doi.org/10.1080/01605682.2020.1755898>
20. The Privatization Agency 2019. The performance report of the privatization agency in 2019 with a comparison approach with the performance of previous years, [In Persian].
21. Organization of Management and Planning of the Islamic Republic of Iran, monitoring report of provincial construction projects in 2019, vice president of strategic monitoring, capital budget monitoring affairs, [In Persian].
22. Organization of Management and Planning of the Islamic Republic of Iran, evaluation report of selected national projects implemented in 2019, deputy of strategic supervision, capital budget supervision affairs, [In Persian].
23. Central Bank of the Islamic Republic of Iran, Capital Assets Acquisition Report in 2019, Economic Time Series Data Bank, Department of Economic Investigations and Policies, [In Persian].
24. Central Bank of the Islamic Republic of Iran, Private Sector Investment Report in 2019, Economic Time Series Information Bank, Department of Economic Research and Policies, [In Persian].