

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها

دکتر قهرمان عبدلی* و پژمان عمیدی**

تاریخ پذیرش: ۲۷ آبان ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: ۲۳ آذر ۱۳۹۰

این مقاله تأثیر تشکیل کارتل گازی را بر استخراج از این منبع پایان پذیر مورد بررسی قرار می‌دهد. یک مدل ساده بین دوره‌ای استخراج از منابع پایان پذیر، قاعده استخراج خطی را نشان می‌دهد. به طوری که وقتی نرخ تنزیل استخراج کننده‌ها را یکسان در نظر می‌گیریم، ضریب شیب استخراج کننده‌ها یکسان است و تفاوت در هزینه‌ها و ساختار بازار، همگی در عبارت عرض از مبدأ نمایان می‌شوند. به دنبال مقایسه میزان استخراج در ساختارهای مختلف بازار به این نتیجه می‌رسیم که با تغییر ساختار بازار از حالت رقابتی به رهبری استاکلبرگ، میزان استخراج کاهش خواهد یافت. رگرسیون پانل دیتا نیز یک رابطه خطی قوی را بین استخراج و ذخایر نشان می‌دهد، به طوری که ضریب شیب برای کشورهای با ذخایر بزرگتر، کمتر تخمین زده می‌شود. همچنین این یافته می‌تواند بوسیله متفاوت بودن نرخ تنزیل استخراج کننده‌ها، قابل توضیح باشد.

واژه‌های کلیدی: گاز، استخراج، ذخایر، منابع پایان پذیر، کارتل.
طبقه‌بندی JEL: Q32، Q41.

۱. مقدمه

پس از بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ و افزایش قیمت جهانی نفت، کشورهای جهان برای فرار از بحران انرژی و وابستگی زیاد به نفت، به فکر تغییر سبد انرژی و استفاده از ترکیبات متنوعی از انرژی‌ها افتادند. در این بین توجه محافل جهانی به گاز طبیعی به عنوان یک منبع تأمین کننده انرژی معطوف

شده است. زیرا گاز طبیعی به لحاظ کارایی فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی از مزایای بیشتری نسبت به سایر سوخت‌ها برخوردار است.

به دنبال نیاز روز افزون کشورها در فرآیند رشد و توسعه اقتصادی به مصرف انرژی و همچنین تغییر سبب مصرف انرژی به دلیل وابستگی کمتر به نفت، تولید گاز طبیعی در طول سه دهه گذشته برای تمام سالها در حال افزایش بوده است. همچنین از آنجا که حدود سه دهه است ذخایر گاز طبیعی مورد توجه قرار گرفته‌اند، به دنبال توسعه ذخایر و اکتشافات بیشتر این منبع که به دلیل اهمیت پیدا کردن آن است، ذخایر اثبات شده جهانی نیز برای این منبع در طول سه دهه گذشته برای تمام سالها در حال افزایش بوده است. به طوری که براساس BP^۱، ذخایر اثبات شده جهانی برای این منبع از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ حدود ۲/۳ برابر شده و از آنجا که ذخایر جهانی گاز در سال ۲۰۰۸، ۴/۵٪ رشد داشته است، به نظر نمی‌رسد رشد ذخایر اثبات شده جهانی گاز طبیعی به پایان خود نزدیک شده باشند. براساس داده‌های استخراج و ذخایر BP، ما با مشاهده روند افزایش تولید و سطح ذخایر در طول زمان در نگاه اول به این نتیجه می‌رسیم که بین میزان تولید و سطح ذخایر رابطه مثبتی وجود دارد. به طوری که در بین کشورها عموماً کاهش در سطح ذخایر به کمتر شدن تولید و افزایش در سطح ذخایر و اکتشافات جدید به بیشتر شدن تولید انجامیده است. به عبارتی می‌توان گفت، به نظر می‌رسد عامل دیگری غیر از تقاضا در میزان تولید مؤثر بوده و آن عامل سطح ذخایر است. اگر کشورها قاعده بهینه استخراج خود را برای دوره زمانی معین و مشخصی طراحی کرده باشند، آنگاه طبیعتاً افزایش در سطح ذخایر و اکتشافات جدید، به افزایش در استخراج همان دوره و دوره‌های دیگر خواهد انجامید. با این استدلال وجود رابطه مثبت بین استخراج و سطح ذخایر منطقی به نظر می‌رسد. حال برای اینکه دریابیم تغییرات در سطح ذخایر به طور مستقل چگونه استخراج یا تولید را متأثر از خود می‌کند، بررسی نسبت ذخایر به استخراج مفید به نظر می‌رسد. بر این اساس، ما تغییرات نسبت ذخایر به استخراج را که نشان می‌دهد ذخایر (با فرض عدم اکتشافات جدید و ثابت ماندن تولید) بعد از چه مدتی به پایان می‌رسند، برای کشورها در طول زمان مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدیم که این نسبت برای همه کشورها در طول زمان به طور قابل ملاحظه‌ای در حال تغییر کردن است. به عنوان مثال در سال ۱۹۸۰ این نسبت برای انگلستان ۲۶/۲۱، برای آمریکا ۲۶/۱۰ و برای استرالیا ۲۱/۱۶ بوده است و در پایان سال ۲۰۰۸ این نسبت برای انگلستان به ۸۸/۴ کاهش یافته، برای آمریکا به ۵۵/۱۱ رسیده و

1. British Petroleum (www.bp.com)

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۱۹

تقریباً ثابت مانده و برای استرالیا به ۶۵/۵۳ افزایش یافته است. با این وجود، به نظر نمی‌رسد که این تغییرات بدون اصول باشند و با وجود رابطه مثبت بین استخراج و سطح ذخایر، می‌توان گفت که افزایش در سطح ذخایر، عموماً به افزایش نسبت ذخایر به استخراج می‌انجامد. به عبارتی اگر نسبت ذخایر به استخراج را برای تمام کشورها بدست آوریم، خواهیم دید که این نسبت اغلب برای کشورهای با ذخایر بزرگتر بیشتر است. بنابراین کشورهای با ذخایر بزرگتر نسبت به کشورهای با ذخایر کوچکتر، درصد کمتری از کل ذخایر خود را در هر سال معین استخراج می‌کنند. جدول ۱ روند تغییرات نسبت ذخایر به استخراج را برای ۱۰ کشور برتر از لحاظ نسبت ذخایر به استخراج در طول زمان نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، به غیر از کویت و لیبی که البته هنوز از ظرفیت تولید نسبتاً پایینی برخوردارند، هشت کشور دیگر جزء ۹ کشور برتر از لحاظ سطح ذخایر هستند. همچنین، اشاره کردیم ذخایر جهانی گاز طبیعی در سال ۲۰۰۸ به میزان ۴/۵٪ رشد داشته است. در این میان ترکمنستان با ۲۲۷/۶٪ و ایران با ۵/۳٪ بیشترین رشد را داشته‌اند، بدین ترتیب به عنوان مشاهده‌ای دیگر، با وجود رشد تقاضا و تولید گاز طبیعی، نسبت ذخایر به استخراج در سطح جهانی و همچنین برای دو کشور مذکور افزایش یافته است.

جدول ۱. کشورهای برتر از لحاظ نسبت ذخایر به استخراج

ذخایر به تولید	۱۹۸۰	۱۹۸۵	۱۹۹۰	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۰۷	۲۰۰۸
قطر	۵۹۵	۸۰۷	۷۳۳	۶۲۹	۶۰۹	۵۵۹	۴۰۲	۳۳۲
ایران	۱۹۸۶	۹۵۸	۷۳۲	۵۴۸	۴۳۱	۲۶۶	۲۵۱	۲۵۴
ونزوئلا	۸۵	۱۰۰	۱۵۶	۱۴۷	۱۴۸	۱۵۷	۱۵۰	۱۵۳
نیجریه	۶۸۲	۵۱۵	۷۱۰	۷۲۳	۳۲۹	۲۳۰	۱۴۹	۱۴۹
کویت	۲۵۶	۲۴۷	۳۶۱	۱۶۰	۱۶۲	۱۲۸	۱۴۷	۱۳۹
امارات	۳۱۶	۲۳۸	۲۷۹	۱۸۷	۱۵۶	۱۲۸	۱۲۷/۷	۱۲۸
ترکمنستان	۸	۸	۸	۸	۵۷	۴۲/۶	۳۷/۱	۱۲۰
عربستان	۳۲۷	۱۹۶	۱۵۵	۱۲۹	۱۲۶	۹۵/۷	۹۸	۹۷
لیبی	۱۳۲	۱۳۷	۱۹۵	۲۰۸	۲۲۲	۱۱۶	۱۰۰	۹۶/۸
روسیه	۸	۸	۸	۸	۸۰	۷۴/۶	۷۳	۷۲
کل جهان	۵۷	۵۹	۶۴	۶۵/۶	۶۵	۶۲/۲	۶۰	۶۰/۳

بیشتر بررسی های انجام شده در مورد منابع پایان پذیر روی مسیرهای تولید و قیمت، چگونگی رفتار اوپک^۱ به عنوان یک کارتل و به طور کلی تجزیه و تحلیل بازار جهانی نفت بوده است و به تأثیر تشکیل کارتل گاز^۲ بر استخراج و همچنین به مسئله کمیابی فیزیکی و چگونگی تأثیر گذاری سطح ذخایر بر میزان استخراج و یا رابطه بین استخراج و ذخایر توجه چندانی نشده است. تنها در یک مورد اندرو پیکرینگ^۳ به بررسی رابطه بین ذخایر و استخراج برای نفت خام (در شرایط حضور اوپک به عنوان رهبر بازار یا ساختار رهبری استاکلبرگ) پرداخته است و در این بررسی به وجود رابطه خطی بین استخراج و ذخایر با ضریب های شیب متفاوت استخراج کننده ها دست یافته است. به گونه ای که وی نتیجه می گیرد، ضریب شیب^۴ اوپک کمتر از ضریب شیب تولید کنندگان منفرد است. بدین ترتیب به دنبال رابطه بین استخراج و ذخایر، به نسبت ذخایر به استخراج نیز در ادبیات اقتصادی منابع پایان پذیر توجه چندانی نشده است.

در یک بررسی کراتکرامر^۵ از این نسبت به عنوان اندازه گیری کمیابی فیزیکی منابع تعبیر کرده است. وی ادبیات مربوط به تئوریهای اقتصاد منابع پایان پذیر را که منحصراً روی اندازه گیری کمیابی تمرکز کرده اند، مورد بررسی قرار داده و به پیش بینی قیمت ها و قیمت های سایه ای نفت خام پرداخته است. کراتکرامر این را مورد بررسی قرار داده که کمیاب شدن منابع چگونه قیمت ها را تحت تأثیر قرار می دهد. وی نهایتاً مانند دیگران به این نتیجه می رسد که داده ها چندان از تئوری ها حمایت نمی کنند. با این وجود این را هم بیان می کند که مشکلات اقتصادسنجی قابل ملاحظه ای که در تحقیقات مربوط به پیش بینی روند قیمت منابع پایان پذیر وجود دارند، کم نیستند. به عنوان مثال، متغیر کلیدی قیمت سایه ای نفت، در عمل قابل مشاهده نیست. بنابراین این مقاله تمرکزش را به سوی کمیابی فیزیکی انتقال می دهد و این را مورد بررسی قرار می دهد که اقتصاد منابع پایان پذیر در مورد رابطه بین استخراج و ذخایر گاز به چه نتیجه ای می رسد.

به دلیل نقش بازار حامل های انرژی در فعالیت های اقتصادی و رشد و توسعه اقتصادی کشورها، تقریباً همه دولت ها از طرق مختلف سعی دارند که بر عرضه و تقاضای انرژی تأثیر گذار باشند. در این بین عمده کشورهای صادر کننده و دارای ذخایر عظیم گاز طبیعی که رشد روز افزون تقاضای گاز طبیعی را پیش بینی کرده اند، به سمت تشکیل کارتل گازی حرکت کرده و به

-
1. OPEC
 2. Gas Cartel
 3. Andrew Pickering (2007)
 4. Slope Term
 5. Krautkraemer, J. A. (1998)

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۲۱

نوعی به دنبال کنترل عرضه این منبع و افزایش منافع خود هستند. بر این اساس این کشورها از سال ۲۰۰۱ به دنبال ارائه مکانیزم‌هایی برای تعیین قیمت گاز، هر ساله با حضور ۱۱ عضو، مجمعی را با عنوان مجمع کشورهای صادرکننده گاز (GECF^۱) تشکیل می‌دهند. البته باید گفت تلاش کشورهای عضو این مجمع در جهت ایجاد سازمانی به سبک اوپک نفتی، برای کنترل عرضه و افزایش قیمتها، در کوتاه‌مدت خیلی محتمل به نظر نمی‌رسد. زیرا دو عامل قراردادهای بلندمدت و عدم انعطاف‌پذیری خطوط لوله، در حال حاضر موانعی برای کنترل عرضه گاز در بازارهای بین‌المللی هستند. از طرف دیگر باید گفت اعضای این مجمع نیز چندان تمایل ندارند قراردادهای بلندمدت خود را کاهش دهند، چون اولاً این کار اعتبار بین‌المللی آنها را مخدوش می‌کند و ثانیاً قراردادهای بلندمدت از پرمنفعت‌ترین قراردادهای این کشورها هستند. از نظر اجرایی به دلیل این که اکنون بیشتر قراردادهای گازی بلندمدت است و نمی‌توان قیمت آن را خارج از قرارداد تغییر داد و همچنین به این دلیل که بیشتر تجارت و نقل و انتقال گاز نیز از طریق خط لوله صورت می‌گیرد، کارتل گازی نمی‌تواند نقش فعالی به عهده داشته باشد. در واقع باید گفت که این اعضا در نظر دارند بتوانند در آینده خود را به عنوان کارتل مطرح کنند. به عنوان مثال ایران به لحاظ مصرف بالا در سال ۲۰۰۸ خالص واردات داشته و در حال حاضر عضویتش در این کارتل که به دنبال افزایش قیمتها است چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. بر این اساس با ایجاد طرحهای خطوط لوله مشترک بین کشورها و افزایش ظرفیت تولیدی کشورهای با ذخایر بیشتر و توسعه خطوط لوله آنها و همچنین با توجه به رشد معاملات گاز مایع (تولید LNG در سه سال اخیر ۲ برابر شده و این عدد بیش از ۵ برابر رشد معاملات گاز از طریق خط لوله است) که از نظر ساختار معاملاتی شبیه بازار نفت است، ما انتظار داریم که در آینده با یک کارتل تأثیرگذار در بازار گاز روبرو شویم. بنابراین می‌توان گفت مدت زمانی طول می‌کشد تا این تشکل از مجمع به سازمان، یا از GECF به OGEC تغییر کند.

۱۱ عضو کارتل که شامل روسیه، ایران، قطر، نیجریه، ونزوئلا، الجزایر، مصر، لیبی، بولیوی، ترینیداد و توباگو و گینه استوایی^۲ است، بر طبق BP در سال ۲۰۰۸ بیش از ۶۳ درصد از کل ذخایر شناخته شده^۳ جهان را دارا بوده و در حالی که فقط ۳۵ درصد از تولید جهانی سهم آنها بوده، حدود ۵۰ درصد از کل خالص صادرات جهانی گاز را در اختیار داشته‌اند (۴۸ درصد خالص

1. Gas Exporting Countries Forum

۲. داده‌های مربوط به سطح ذخایر و میزان تولید برای این کشور در دسترس نیست.

3. Known Reserves

صادرات از خط لوله و ۵۳ درصد خالص صادرات از طریق LNG سهم آنها بوده است). بنابراین با توجه به روند رو به رشد ذخایر و تولید و در نتیجه خالص صادرات اعضای کارتِل، این داده‌ها شاید بتوانند نشان‌دهنده اثرگذاری قابل ملاحظه این کارتِل در بازار جهانی گاز (با فرض همکاری اعضای آن) برای دهه‌های آینده باشند.

تئوریهای مربوط به منابع پایان‌پذیر به عنوان بخش مهمی از اقتصاد منابع طبیعی، حوزه وسیعی را در ادبیات اقتصادی امروز به خود اختصاص داده‌اند و هسته مرکزی الگوی بهره‌برداری بهینه از منابع پایان‌پذیر، مسئله کمیابی این منابع است. نکته اساسی که در نظریه‌های مربوط به بهره‌برداری مطلوب از منابع پایان‌پذیر وجود دارد و شرط تعادل تولیدکننده را در انواع بازارها، متفاوت از شرط تعادل کلاسیک در مورد کالاهای معمولی می‌سازد، مسئله کمیابی و محدودیت این قبیل منابع به شمار می‌رود. بنابراین این پژوهش قصد دارد براساس تجزیه و تحلیل تئوریهای مربوط به منابع پایان‌پذیر، برای سؤالاتی از قبیل سؤالات مطرح شده در ذیل، پاسخی فراهم آورد.

۱. تشکیل کارتِل گازی چه تأثیری بر استخراج یا عرضه جهانی گاز خواهد گذاشت؟
۲. تغییر در سطح ذخایر به طور مستقل چگونه استخراج را متأثر از خود می‌کند؟

۲. مروری بر مبانی نظری و روش تحقیق

به پیروی از اسوارن و لوئیس^۱، هانسن^۲ و هارویک و سادورسکی^۳، می‌توان فرض کرد که دو بنگاه ($i=1,2$) دو گروه از کشورهای عضو کارتِل و کشورهای غیرکارتِل هستند که هر کدام از یک منبع ذخیره متفاوت استخراج می‌کنند. بنابراین مسئله حداکثرسازی هر بنگاه را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$V = \frac{\sum_{t=0}^T p_t q_{it} - F - \frac{1}{\rho} \phi_i q_{it}^{\rho}}{(1+r_i)^t} \quad (1)$$

$$s.t.: \sum_{t=0}^T q_{it} = R_i.$$

1. Eswaran, M. and T. Lewis (1985)
 2. Hansen, L. P. (1985)
 3. Hartwick, J. M. and P. A. Sadorsky (1990)

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۲۳

$$L = \frac{\sum_{t=0}^T p_t q_{it} - F - \frac{1}{2} \varphi_i q_{it}^2}{(1+r_i)^t} + \mu_i \left(R_i - \sum_{t=0}^T q_{it} \right) \quad (2)$$

که q_{it} میزان استخراج بنگاه i در دوره t ، r_i نرخ تنزیل بنگاه i و R_i ذخیره بنگاه i در شروع دوره بهره‌برداری است. هزینه استخراج درجه ۲ است و با توجه به پارامتر φ_i برای هر بنگاه می‌تواند متفاوت باشد. F همان هزینه‌های زیربنایی یا هزینه ثابت است و قید ذخایر به این معنی است که هزینه استخراج برای هر بنگاه نسبت به قیمت جهانی گاز به اندازه کافی کم است، به این صورت که بنگاه می‌تواند تمام ذخایر خود را در یک دوره استخراج کند. پس قید شدنی^۱ استخراج را می‌توان به صورت $0 \leq q_{it} \leq R_{it}$ نشان داد. p_i نیز قیمت منبع در دوره t یا تابع معکوس تقاضا است و آن را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$p_i = a - b[q_{it} + q_{jt}] \quad , \quad i, j = 1, 2 ; i \neq j \quad (3)$$

که در آن a و b پارامترهای مثبت هستند.

فرض درجه ۲ بودن هزینه‌های استخراج، یک فرض بحث برانگیز است و در دفاع از آن باید گفت که این تصریح تفاوت هزینه نهایی استخراج را برای همه استخراج‌کنندگان جایز می‌شمرد و اینکه هزینه‌ها با استخراج در حال افزایش هستند (هزینه نهایی استخراج صعودی است). همچنین هزینه‌های درجه ۲ راه حل‌های درونی را تأمین می‌کنند. به عبارتی استفاده از توابع هزینه درجه ۳ یا بیشتر (که در مدل‌های استخراج بهینه از منابع پایان‌پذیر استفاده از آنها مرسوم نیست و عملاً در استخراج از این منابع کمتر با چنین توابع هزینه‌ای مواجه می‌شویم)، امکان تنها کردن q را از ما سلب می‌کنند و دیگر نمی‌توانیم q را به صورت تابعی از R بدست آوریم.

داسگوپتا و هل^۲ در بررسی‌های خود از یک فرض تصریح که در آن ذخایر گوناگون هزینه‌های نهایی ثابت ولی متفاوتی دارند، استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که در شرایط رقابتی، اول ذخایر با هزینه نهایی کمتر استخراج می‌شوند. دو فرض هزینه‌های نهایی ثابت ولی متفاوت و هزینه‌های نهایی کمتر برای ذخایر بزرگتر، به نظر می‌رسد بر این دلالت می‌کند که نسبت ذخایر به استخراج می‌بایست برای کشورهای با ذخایر بزرگتر کمتر باشد و این با مشاهده

1. Feasible

2. Dasgupta, P. and G. Heal (1979)

ارائه شده در جدول ۱ در تناقض است. بنابراین این نتیجه به نوعی فرض ثابت بودن هزینه‌های نهایی استخراج را رد می‌کند.

هاتلینگ^۱ مورد پیچیده‌تر توابع هزینه استخراج را مورد بررسی قرار داد. از نظر وی هرچه که معدن عمیق‌تر می‌شود یا مقدار ذخیره باقیمانده کاهش می‌یابد، هزینه‌ها بطور فزاینده افزایش می‌یابند. به دنبال آن سولو و وان^۲، هل^۳، هانسون^۴ و فرزین^۵ در مدل‌های خود از این نوع توابع هزینه استفاده کرده‌اند. از آنجا که تحلیل هاتلینگ منطقی به نظر می‌رسد، در این بررسی این نوع توابع هزینه را نیز مد نظر قرار خواهیم داد.

روشی که بوسیله آن تولیدکنندگان خالص ارزش حال انتظاری^۶ خود را حداکثر می‌کنند، بستگی به این دارد که آنها قدرت رقابتی‌شان را در تعیین قیمت چطور می‌بینند. هانسن (۱۹۸۵) به منظور تجزیه و تحلیل مسیرهای تولید و قیمت نفت در طول زمان از سه بازی متقارن^۷ و دو بازی نامتقارن^۸ استفاده کرده است. در نتیجه در اینجا ما نیز از این بازیها برای بررسی رابطه بین ذخایر و استخراج استفاده می‌کنیم. سه بازی متقارن به صورت زیر معرفی می‌شوند:

۱. بازی تعادل رقابتی: در بازی تعادل رقابتی^۹ هر تولیدکننده تابع هدف مخصوص خود را در حالی که قیمت‌ها را برونزا در نظر می‌گیرد حداکثر می‌کند.

۲. بازی نش متقارن: در بازی نش متقارن^{۱۰} هر تولیدکننده در حالی که رفتار خودش را روی قیمت تأثیرگذار و تصمیمات تولیدکننده دیگر را برونزا در نظر می‌گیرد، تابع هدف مخصوص خود را حداکثر می‌کند.

۳. بازی تبانی: در بازی تبانی^{۱۱} دو تولیدکننده در حالی که تصمیمات خود را روی قیمت تأثیرگذار می‌دانند با یکدیگر تبانی کرده و مجموع دو تابع هدفشان را حداکثر می‌کنند.

در بازیهای نامتقارن فرض می‌کنیم که بنگاه ۲ کارتل یا رهبر بازار است و آنها را به صورت زیر معرفی می‌کنیم.

-
1. Hotelling, H. (1931)
 2. Solow, R. M. and F. Y. Wan (1976)
 3. Heal (1976)
 4. Hanson, D. A. (1980)
 5. Farzin, Y. H. (1992)
 6. Expected Net Present Value (ENPV)
 7. Symmetric Game
 8. Non-symmetric Game
 9. Competitive Equilibrium Game
 10. Symmetric Nash Game
 11. Collusive Game

۴. بازی رهبر نزدیک‌بین: در بازی رهبر نزدیک‌بین^۱ بازیکن دوم یا رهبر، تابع هدف مخصوص خود را در حالی حداکثر می‌کند که تصمیمات خود را روی قیمت اثرگذار و تصمیمات بازیکن اول یا پیرو را برونزا در نظر می‌گیرد. در صورتی که بازیکن اول قیمت‌پذیر بوده و با توجه به تغییرات قیمت عکس‌العمل نشان می‌دهد. در واقع در این بازی، بازیکن اول راه حل رقابتی و بازیکن دوم راه حل کورنو را دنبال می‌کند.
۵. بازی استاکلبرگ: در بازی استاکلبرگ^۲ تولیدکننده دوم تابع هدف مخصوص خود را در حالی حداکثر می‌کند که می‌داند تصمیماتش در قیمت تأثیرگذار است و از آنجا که می‌داند بازیکن اول به صورت رقابتی عمل می‌کند، تغییرات قیمت را روی تصمیمات بازیکن اول یا پیرو تأثیرگذار می‌داند.

استخراج بهینه در مدل دو دوره‌ای استخراج

در این قسمت فرض می‌کنیم که دو بنگاه مورد نظر، یعنی گروه کشورهای عضو کارتل و گروه کشورهای تولیدکننده منفرد یا گروه حاشیه، قرار است منابع خود را در دو دوره استخراج کنند و آن را به اتمام برسانند. فعلاً برای سادگی با فرض سهولت حرکت کامل سرمایه، نرخ تنزیل را برای دو گروه یکسان در نظر می‌گیریم ($r_i = r$).

مسئله حداکثرسازی در بازی تعادل رقابتی

$$L = \frac{\sum_{t=1}^T p_t q_{it} - F - \frac{1}{\gamma} \varphi_i q_{it}^\gamma}{(1+r)^t} + \mu_i \left(R_i - \sum_{t=1}^T q_{it} \right)$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_{it}} = 0 \rightarrow \frac{p_t - \varphi_i q_{it}}{(1+r)^t} = \mu_i \rightarrow p_t - \varphi_i q_{it} = \mu_i (1+r)^t$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu_i} = 0 \rightarrow R_i = \sum_{t=1}^T q_{it} \rightarrow q_{i1} + q_{i2} = R_i \rightarrow q_{i2} = R_i - q_{i1}$$

$$p_1 - \varphi_i q_{i1} = \mu_i, \quad p_2 - \varphi_i q_{i2} = \mu_i (1+r)$$

$$\Rightarrow p_1 - \varphi_i q_{i1} = \frac{p_2 - \varphi_i q_{i2}}{(1+r)} \rightarrow p_1 - \varphi_i q_{i1} = \frac{p_2 - \varphi_i (R_i - q_{i1})}{(1+r)}$$

$$\Rightarrow a - b(q_{i1}, q_{j1}) - \varphi_i q_{i1} = \frac{a - b(q_{i2} + q_{j2}) - \varphi_i (R_i - q_{i1})}{(1+r)}$$

1. Myopic Leader Game

2. Stackelberg Game

$$\begin{aligned} \Rightarrow a - b(q_i, q_j) - \varphi_i q_i &= \\ &= \frac{a - b[(R_i - q_i) + (R_j - q_j)] - \varphi_i(R_i - q_i)}{(1+r)} \end{aligned} \quad (۴)$$

حال با مرتب کردن معادله (۴) و تنها کردن q_i ، می توان q_i یا تابع عکس العمل^۱ بنگاه i را به صورت زیر نوشت:

$$q_i = \frac{ar + bR_j}{(r+r)(b + \varphi_i)} + \frac{R_i}{r+r} - \left(\frac{b}{b + \varphi_i} \right) q_j \quad (۵)$$

در نتیجه با انجام عملیات حداکثرسازی برای تولیدکننده دیگر یا بنگاه j ، برای این بنگاه نیز تابع عکس العمل به صورت ذیل خواهد بود:

$$q_i = \frac{ar + bR_i}{(r+r)(b + \varphi_i)} + \frac{R_j}{r+r} - \left(\frac{b}{b + \varphi_i} \right) q_i \quad (۶)$$

حال با ادغام دو معادله فوق، استخراج بهینه بنگاه i یا رابطه بین ذخایر و استخراج در بازی تعادل رقابتی به صورت زیر بدست می آید:

$$q_i^* = \frac{ar\varphi_j}{(r+r)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} + \frac{R_i}{r+r} \quad (۷)$$

از این به بعد برای جلوگیری از طولانی شدن مطالب، برای بدست آوردن استخراج بهینه در ساختارهای بازیهای مختلف، به طور مستقیم از روابط نهایی یا شروط مرتبه اول^۲ استفاده خواهیم کرد. چگونگی رسیدن به روابط نهایی همانند روش ارائه شده در فوق است. بدین ترتیب، مسئله حداکثرسازی را برای بازیهای متقارن و همچنین بازی رهبر نزدیک^۳، به صورت زیر می نویسیم:

1. Reaction Function

2. First Order Condition

۳. این معادله ای است که از طولانی شدن مطالب جلوگیری می کند و ما را مستقیم به رابطه نهایی می رساند، اما باید در نظر داشت که از این معادله فقط برای مدل های خطی و هزینه های درجه ۲ می توان استفاده کرد.

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۲۷

$$V = \sum_{t=0}^1 \beta^t \left\{ a'[q_t] - \frac{1}{\gamma} [q_t]' \Omega [q_t] - \frac{1}{\gamma} [q_t]' \Phi [q_t] \right\} \quad (8)$$

که در آن $\beta = \frac{1}{1+r}$ ، $a = \begin{bmatrix} a \\ a \end{bmatrix}$ ، $q_i = \begin{bmatrix} q_i \\ q_j \end{bmatrix}$ ، $q_1 = \begin{bmatrix} R_i - q_i \\ R_j - q_j \end{bmatrix}$ ، $\Phi = \begin{bmatrix} \varphi_i & \cdot \\ \cdot & \varphi_j \end{bmatrix}$ و Ω یک ماتریس 2×2 است که ساختار بازی را بیان می‌کند. در مورد بازی تعادل رقابتی این ماتریس به صورت $\Omega = \begin{bmatrix} b & b \\ b & b \end{bmatrix}$ است. از این رو با حداکثرسازی معادله (۸) در مورد بازی تعادل رقابتی خواهیم داشت:

$$a - b(q_i - q_j) - \varphi_i q_i = \beta \{ a - b(R_i - q_i) + (R_j - q_j) - \varphi_i (R_i - q_i) \}$$

بنابراین در بازی تعادل رقابتی، هر دو بنگاه ارزش حال تفاوت بین قیمت و هزینه نهایی را برای هر دو دوره مساوی قرار می‌دهند.

در بازی نش متقارن یا راه حل کورنو، ماتریس ساختار بازی به صورت $\Omega = \begin{bmatrix} 2b & b \\ b & 2b \end{bmatrix}$ تعریف می‌شود. این ساختار بازی را سارجنت^۱ نیز مورد بررسی قرار داده است، به این صورت که هر دو بازیکن تولید دیگری را داده شده در نظر می‌گیرند و به بهینه کردن تولید خود می‌پردازند. از این رو با حداکثرسازی معادله (۸) در این مورد شرط مرتبه اول به صورت زیر است.

$$\begin{aligned} a - b(2q_i + q_j) - \varphi_i q_i \\ = \beta \{ a - b[2(R_i - q_i) + (R_j - q_j)] - \varphi_i (R_i - q_i) \} \end{aligned} \quad (9)$$

برای $i, j = 1, 2$; $i \neq j$ هر دو بنگاه تولید دیگری را داده شده در نظر می‌گیرند و ارزش حال اختلاف بین درآمد نهایی و هزینه نهایی را برای دو دوره مساوی قرار می‌دهند.

در بازی تبانی، ماتریس ساختار بازی به صورت $\Omega = \begin{bmatrix} 2b & 2b \\ 2b & 2b \end{bmatrix}$ ، تعریف می‌شود. از این رو با حداکثرسازی معادله (۸) در این مورد شرط مرتبه اول به صورت زیر است.

$$\begin{aligned} a - 2b(q_i + q_j) - \varphi_i q_i \\ = \beta \{ a - 2b[(R_i - q_i) + (R_j - q_j)] - \varphi_i (R_i - q_i) \} \end{aligned} \quad (10)$$

1. Sargent (1979)

در این حالت هر دو بنگاه ارزش حال اختلاف بین درآمد نهایی و هزینه نهایی را برای هر دو دوره مساوی قرار می دهند.

همان طور که اشاره شد، در بازیهای نامتقارن فرض می کنیم که بنگاه ۲ کارتل یا رهبر بازار است. در نتیجه در بازی رهبر نزدیک بین، ماتریس ساختار بازی به صورت $\Omega = \begin{bmatrix} b & b \\ b & 2b \end{bmatrix}$ ، تعریف می شود. از آنجا که این نوع بازی یک بازی نامتقارن است و بازیکنان استراتژی مختلفی دارند، می بایست مسئله حداکثرسازی را برای هر دو بنگاه بدست آوریم. بنابراین با حداکثرسازی معادله (۸) برای هر دو بنگاه ۱ و ۲ به ترتیب خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} a - b(q_{1t} + q_{2t}) - \varphi_1 q_{1t} \\ = \beta \{ a - b[(R_{1t} - q_{1t}) + (R_{2t} - q_{2t})] - \varphi_1 (R_{1t} - q_{1t}) \} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} a - b(q_{1t} + 2q_{2t}) - \varphi_2 q_{2t} \\ = \beta \{ a - b[(R_{1t} - q_{1t}) + 2(R_{2t} - q_{2t})] - \varphi_2 (R_{2t} - q_{2t}) \} \end{aligned} \quad (12)$$

در این حالت بنگاه اول ارزش حال اختلاف بین قیمت و هزینه نهایی را مساوی و بنگاه دوم ارزش حال بین درآمد نهایی و هزینه نهایی را مساوی قرار داده و تولید بنگاه اول را داده شده در نظر می گیرد.

بازی استاکلبرگ روش حل متفاوتی دارد، زیرا بازیکن ۲ یا کارتل اثر عملش را روی قیمت و همچنین روی تولید پیرو یا بازیکن اول به حساب می آورد. کارتل می داند که پیرو با او به صورت رقابتی عمل می کند و در نتیجه او می داند که تابع عکس العملی که پیرو به کار می برد به صورت معادله (۵) است. حال کارتل برای حداکثر کردن منافع خود تابع عکس العمل پیرو را درون تابع هدف خود قرار می دهد و میزان استخراج خود و تولیداً میزان استخراج پیرو را بهینه می کند. بنابراین داریم:

$$V = \frac{\sum_{t=0}^1 p_t (q_{1t}, q_{2t}) q_{2t} - F - \frac{1}{\gamma} \varphi_2 q_{2t}^2}{(1+r)^t}$$

$$s.t: \sum_{t=0}^1 q_{1t} = R_1, \quad \sum_{t=0}^1 q_{2t} = R_2.$$

$$\rightarrow q_{11} = R_1 - q_{10}, \quad q_{21} = R_2 - q_{20}.$$

حال تابع هدف کارتل را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$V = [a - b(q_1 + q_2)]q_1 - F - \frac{1}{\gamma} \varphi_1 q_1^2 + \beta \left\{ a - b[(R_1 - q_1 + R_2 - q_2)](R_2 - q_2) - F - \frac{1}{\gamma} \varphi_2 (R_2 - q_2)^2 \right\} \quad (13)$$

اکنون با قرار دادن تابع عکس‌العمل پیرو به جای q_1 و حداکثر کردن معادله (۱۳)، ابتدا استخراج بهینه یا رابطه بین استخراج و ذخایر را برای کارتل بدست آورده و سپس با قرار دادن آن در تابع عکس‌العمل پیرو، استخراج بهینه یا رابطه بین استخراج و ذخایر را برای پیرو بدست می‌آوریم. استخراج بهینه یا رابطه بین استخراج و ذخایر هر بنگاه در ساختارهای مختلف بازار برای مدل دو دوره‌ای در جدول ۲ آورده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود رابطه بین استخراج و ذخایر در مدل دو دوره‌ای استخراج برای هر دو بنگاه $i=1,2$ ، در تمام ساختارهای بازار، خطی^۱ است. ضریب شیب نیز برای همه استخراج‌کننده‌ها در تمام بازارها یکسان است. همین طور میزان استخراج هر استخراج‌کننده، مستقل از ذخایر دیگر استخراج‌کننده‌ها است. بنابراین می‌توان آن را به صورت زیر نوشت:

$$q_i = \lambda_i + \eta R_i \quad (14)$$

جدول ۲. مدل دو دوره‌ای استخراج

ساختار بازی	قاعده استخراج
بازی رقابتی	$q_i^* = \frac{ar\varphi_j}{(\gamma+r)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} + \frac{R_i}{(\gamma+r)}$
بازی نش متقارن	$q_i^* = \frac{ar(\varphi_j + b)}{(\gamma+r)(\gamma b^2 + \gamma b\varphi_i + \gamma b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} + \frac{R_i}{(\gamma+r)}$
بازی تبانی	$q_i^* = \frac{ar\varphi_j}{(\gamma+r)(\gamma b\varphi_i + \gamma b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} + \frac{R_i}{(\gamma+r)}$

$q_{i.}^* = \frac{ar(\varphi_r + b)}{(\gamma + r)(b^\gamma + \gamma b\varphi_1 + b\varphi_r + \varphi_1\varphi_r)} + \frac{R_{1.}}{(\gamma + r)}$	بازی رهبر نزدیک بین
$q_{r.}^* = \frac{ar\varphi_1}{(\gamma + r)(b^\gamma + \gamma b\varphi_1 + b\varphi_r + \varphi_1\varphi_r)} + \frac{R_{r.}}{(\gamma + r)}$	
$q_{i.}^* = \frac{ar(b\varphi_1 + b\varphi_r + \varphi_1\varphi_r)}{(\gamma + r)(b + \varphi_1)(\gamma b\varphi_1 + b\varphi_r + \varphi_1\varphi_r)} + \frac{R_{1.}}{(\gamma + r)}$	بازی استاکلبرگ
$q_{r.}^* = \frac{ar\varphi_1}{(\gamma + r)(\gamma b\varphi_1 + b\varphi_r + \varphi_1\varphi_r)} + \frac{R_{r.}}{(\gamma + r)}$	

استخراج بهینه در مدل سه دوره‌ای استخراج

در این قسمت فرض می‌کنیم که دو بنگاه مورد نظر، یعنی گروه کشورهای عضو کارتل و گروه کشورهای تولیدکننده منفرد یا گروه حاشیه، قرار است منابع خود را در طول سه دوره استخراج کنند و آن را به اتمام برسانند. روش حل در مدل سه دوره‌ای شبیه به مدل دو دوره‌ای است، با این تفاوت که در مدل سه دوره‌ای هر بنگاه با دو شرط مرتبه اول روبرو می‌شود. برای مثال در حالت رقابتی شروط مرتبه اول برای بنگاه ۱ به صورت زیر است:

$$a - b(q_{i.} + q_{j.}) - \varphi_i q_{i.} = \beta \{ a - b(q_{i1} + q_{j1}) - \varphi_i q_{i1} \} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & a - b(q_{i.} + q_{j.}) - \varphi_i q_{i.} \\ & = \beta^\gamma \{ a - b(R_{i.} - q_{i.} - q_{i1} + R_{j.} - q_{j.} - q_{j1}) - \varphi_i (R_{i.} - q_{i.} - q_{i1}) \} \end{aligned} \quad (16)$$

از آنجا که برای بنگاه ۱ نیز همین شروط برقرار است، می‌توانیم با چهار معادله، چهار مجهول $q_{i.}$ ، q_{i1} ، $q_{j.}$ و q_{j1} را بدست آوریم. می‌توانیم همین طرز کار را برای بازیهای متقارن دیگر و همچنین بازی رهبر نزدیک بین بکار ببریم. در مورد بازی استاکلبرگ، رهبر ابتدا پاسخهای رقابتی دوره‌های ۰ و ۱ پیرو را در تابع هدف خود قرار داده و سپس استخراج دوره‌های ۰ و ۱ خود و بطور تلویحی^۱ استخراج دوره‌های ۰ و ۱ پیرو را بهینه می‌کند.

استخراج بهینه در مدل سه دوره‌ای استخراج برای هر بازی در جدول ۳ آورده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، مدل سه دوره‌ای نتایج بدست آمده در مدل دو دوره‌ای را تأیید می‌کند. رابطه بین استخراج و ذخایر خطی است و مانند مدل دو دوره‌ای میزان سطح ذخایر از طریق ضریب شیب بر میزان استخراج بنگاه تأثیر می‌گذارد. همچنین دوباره می‌توان نتیجه گرفت

1. Implicitly

۱۳۱ بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها

که میزان استخراج هر استخراج کننده، مستقل از سطح ذخایر دیگر استخراج کننده‌ها است. رابطه خطی بدست آمده، آنچه است که اقتصاد منابع پایان پذیر در غالب یک مدل حداکثرسازی منافع، از رابطه بین استخراج و ذخایر می‌تواند به ما بگوید. نتایج بدست آمده برای هر دو مدل استخراج در حالی که نرخهای تنزیل برای تمام استخراج کننده‌ها یکسان فرض می‌شوند، چنین است:

۱. میزان استخراج جاری برای هر بنگاه بستگی به پارامترهای تابع تقاضا، پارامترهای تابع هزینه هر دو بنگاه، نرخ تنزیل و سطح ذخایر دارد.
۲. در تمام ساختارهای بازار، استخراج بنگاه i مستقل از ذخایر بنگاه j است.
۳. ضریب شیب برای تمام بازارها و تمام استخراج کننده‌ها یکسان است.
۴. در نهایت اینکه متفاوت بودن هزینه استخراج دو بنگاه و همچنین نوع رفتار و عملکرد بازاری دو بنگاه، همگی در عبارت عرض از مبدأ نمایان می‌شوند.

جدول ۳. مدل سه دوره‌ای استخراج

ساختار بازی	قاعده استخراج
بازی رقابتی	$q_{i.}^* = \frac{ar\varphi_j(\varpi+r)}{(b\varphi_i+b\varphi_j+\varphi_i\varphi_j)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{i.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$
بازی نش متقارن	$q_{i.}^* = \frac{ar(\varphi_j+b)(\varpi+r)}{(\varpi b^\varpi+\varpi b\varphi_i+\varpi b\varphi_j+\varphi_i\varphi_j)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{i.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$
بازی تبانی	$q_{i.}^* = \frac{ar\varphi_j(\varpi+r)}{(\varpi b\varphi_i+\varpi b\varphi_j+\varphi_i\varphi_j)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{i.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$
بازی رهبر نزدیک	$q_{i.}^* = \frac{ar(\varphi_\varpi+b)(\varpi+r)}{(b^\varpi+\varpi b\varphi_\lambda+b\varphi_\varpi+\varphi_\lambda\varphi_\varpi)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{i.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$
بین	$q_{\varpi.}^* = \frac{ar\varphi_\lambda(\varpi+r)}{(b^\varpi+\varpi b\varphi_\lambda+b\varphi_\varpi+\varphi_\lambda\varphi_\varpi)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{\varpi.}}{(\varpi+r)}$
بازی استاکلبرگ	$q_{i.}^* = \frac{ar(b\varphi_\lambda+b\varphi_\varpi+\varphi_\lambda\varphi_\varpi)(\varpi+r)}{(b+\varphi_\lambda)(\varpi b\varphi_\lambda+b\varphi_\varpi+\varphi_\lambda\varphi_\varpi)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{i.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$
	$q_{\varpi.}^* = \frac{ar\varphi_\lambda(\varpi+r)}{(\varpi b\varphi_\lambda+b\varphi_\varpi+\varphi_\lambda\varphi_\varpi)(r^\varpi+\varpi r+\varpi)} + \frac{R_{\varpi.}}{(r^\varpi+\varpi r+\varpi)}$

مقایسه میزان کل استخراج در ساختارهای مختلف بازار

اگر کل تولید بازار یا مجموع تولید کارتل و حاشیه را برای هر ساختار بازار حساب کنیم و Q_G را کل استخراج دوره اول با ساختار بازی G تعریف کنیم، برای هر دو مدل دو دوره‌ای و سه دوره‌ای استخراج به این نتیجه می‌رسیم که:

$$Q_{.A} > Q_{.E} > Q_{.D} > Q_{.B} > Q_{.C} \quad (17)$$

به طوری که در آن A نمایانگر بازی رقابتی، B نمایانگر بازی نش متقارن، C نمایانگر بازی تباری، D نمایانگر بازی رهبر نزدیک‌بین و E نمایانگر بازی استاکلبرگ است. این نتیجه برای تمام مقادیر پارامترها برقرار است و با یافته‌های کرمر و ویتزمان^۱، لویس و چمانسی^۲، لوری^۳، پیندیک^۴، هانسن^۵ و سالانت^۶ سازگار است.

مقایسه میزان استخراج کارتل و حاشیه در ساختارهای مختلف بازار

از آنجا که بنگاه دوم را کارتل در نظر گرفتیم، با فرض اینکه ذخایر کارتل بیشتر از گروه حاشیه است و همچنین کمتر بودن هزینه تولید کارتل نسبت به گروه حاشیه، می‌توان نوشت:

$$R_{\tau} > R_{\tau} \quad , \quad \varphi_1 > \varphi_2 \quad (18)$$

در نتیجه برای تمام بازیهای متقارن، عرض از مبدأ کارتل بزرگتر از عرض از مبدأ حاشیه است و از آنجا که ذخایر کارتل بزرگتر از ذخایر حاشیه است، تولید کارتل بزرگتر از تولید حاشیه خواهد بود. برای بازیهای نامتقارن می‌توان گفت که اگر مزیت هزینه‌ای کارتل خیلی بیشتر از حاشیه نباشد و به عبارتی φ_2 کمی کوچکتر از φ_1 باشد، انتظار داریم که عرض از مبدأ کارتل کوچکتر از عرض از مبدأ حاشیه باشد. به عبارتی برای بازی رهبر نزدیک‌بین اگر $b + \varphi_2 > \varphi_1$ باشد، عرض از مبدأ حاشیه بزرگتر از عرض از مبدأ کارتل خواهد بود. برای بازی استاکلبرگ نیز اگر داشته باشیم:

-
1. Cremer and Weitzman (1976)
 2. Lewis and Schmalensee (1980)
 3. Loury (1986)
 4. Pindyck (1978)
 5. Hansen (1985)
 6. Salant (1976)

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۳۳

$$\frac{b\varphi_1 + b\varphi_2 + \varphi_1\varphi_2}{b + \varphi_1} > \varphi_1 \rightarrow b\varphi_2 + \varphi_1\varphi_2 > \varphi_1^2 \quad (19)$$

عرض از مبدأ حاشیه بزرگتر از عرض از مبدأ کارتل خواهد بود. از آنجا که دلیلی وجود ندارد که این رابطه‌ها برقرار باشند، در بازیهای نامتقارن امکان مقایسه دقیق عرض از مبدأ کارتل با حاشیه وجود ندارد و عرض از مبدأ کارتل ممکن است کمتر یا بیشتر از عرض از مبدأ حاشیه باشد. بنابراین امکان مقایسه دقیق میزان تولید کارتل و حاشیه در بازیهای نامتقارن وجود ندارد. از طرف دیگر اگر $q.G^C$ را استخراج دوره اول کارتل و $q.G^F$ را استخراج دوره اول حاشیه با ساختار بازی G تعریف کنیم، خواهیم داشت:

$$q.A^C > q.E^C > q.B^C > q.D^C > q.C^C \quad (20)$$

$$q.D^F > q.E^F > q.A^F > q.B^F > q.C^F \quad (21)$$

همان طور که از رابطه (۱۷) پیداست، هنگامی که ساختار بازار از حالت رقابتی به رهبری استاکلبرگ تغییر می‌کند، تولید کل بازار کاهش می‌یابد و در نتیجه قیمت افزایش می‌یابد. در حالی که با توجه به رابطه (۲۱) کشورهای حاشیه‌ای در حالت رهبری استاکلبرگ بیشتر از حالت رقابتی تولید می‌کنند. در نتیجه کشورهای حاشیه‌ای از تشکیل کارتل و تغییر ساختار بازار از حالت رقابتی به رهبری استاکلبرگ استقبال نموده و از اعمال سیاست کاهش سطح تولید و افزایش قیمت توسط کارتل که در جهت افزایش منافع خود است، بیشتر از خود کارتل منتفع می‌شوند.

مقایسه رابطه بین استخراج و ذخایر بدست آمده با مشاهدات تجربی

برای مقایسه نسبت ذخایر به استخراج مشاهدات تجربی با رابطه نظری بدست آمده از مدل‌های دو دوره‌ای و سه دوره‌ای استخراج، قاعده استخراج $q_i = \lambda_i + \eta R_i$ را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$\frac{R_i}{q_i} = \frac{R_i}{\lambda_i + \eta R_i} \quad (22)$$

حال با مشتق‌گیری از معادله (۲۲) نسبت به ذخایر داریم:

$$\frac{d\left(\frac{R_i}{q_i}\right)}{dR_i} = \frac{\lambda_i}{(\lambda_i + \eta R_i)^2} \quad (23)$$

همان طور که ملاحظه می شود، رابطه (۲۳) مثبت است. در نتیجه با افزایش سطح ذخایر، نسبت ذخایر به استخراج افزایش می یابد. از این رو مدل با مشاهده تجربی ارائه شده در جدول ۱ که به بیشتر بودن نسبت ذخایر به استخراج برای کشورهای با ذخایر بزرگتر اشاره داشت، سازگار است.

نقدهای وارد بر رابطه نظری بدست آمده

۱. قاعده استخراج بدست آمده مربوط به مدل‌های دو دوره‌ای و سه دوره‌ای استخراج است، در حالی که گاز طبیعی چندین دهه است که استخراج می شود و تا چندین دهه دیگر نیز استخراج خواهد شد. از این رو داده‌های سالیانه ذخایر و استخراج گاز طبیعی برای کشورها، از یک افق زمانی طولانی‌تر از آنچه که در کار تئوری مورد رسیدگی قرار دادیم گزارش می دهند. در نتیجه ایده آل آن است که قاعده استخراج را برای افق زمانی نامحدود بدست آوریم. اگرچه باید گفت که از دیدگاه محاسباتی رسیدن به رابطه بین استخراج و ذخایر برای افق زمانی نامحدود بسیار مشکل است، مخصوصاً در مورد بازی استاکلبرگ که می تواند بهترین توصیف کننده برای بازار آتی جهانی گاز باشد.
۲. بدیهی است که روابط و نتایج بدست آمده تحت تأثیر فرض یکسان بودن نرخ تنزیل استخراج کننده‌ها و فرم تصریح شده تابع هزینه درجه ۲ استخراج است. در نتیجه ممکن است متفاوت بودن نرخ تنزیل استخراج کننده‌ها و همچنین تصریح نوع دیگری از تابع هزینه استخراج، هر کدام به تنهایی روابط و نتایج بدست آمده را دستخوش تغییر قرار دهند.

بررسی قاعده استخراج در شرایطی که نرخهای تنزیل متفاوت باشند

جایز شمردن نرخهای تنزیل متفاوت برای هر بنگاه اگرچه به یک قاعده استخراج پیچیده‌تر منجر خواهد شد، ولی نتیجه خطی بودن را تغییر نمی دهد. قاعده‌های استخراج با رعایت نرخهای تنزیل متفاوت، برای مدل دو دوره‌ای و دو بازی رقابتی و استاکلبرگ در جدول ۴ آورده شده‌اند. جدول ۴ به ما می گوید که اولاً در این حالت دیگر ضریب شیب استخراج کننده‌ها با هم مساوی نیست و هر بنگاه که نرخ تنزیل بیشتری داشته باشد، ضریب شیب کمتری خواهد داشت. بنابراین اگر نرخ تنزیل کشورهای کارتل بیشتر از نرخ تنزیل کشورهای حاشیه باشد، ضریب شیب کشورهای کارتل می بایست کمتر از ضریب شیب کشورهای حاشیه باشد و برعکس. دوماً افزایش نرخ تنزیل هر بنگاه موجب کاهش ضریب شیب آن بنگاه و افزایش ضریب شیب بنگاه دیگر می شود و این کاهش ضریب شیب، برای خود بنگاه شدیدتر است تا افزایش ضریب شیب برای بنگاه دیگر. سوماً

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۳۵

در این حالت استخراج هر بنگاه وابسته به ذخایر بنگاه دیگر نیز است، ولی ضریب ذخایر حریف برای تمام پارامترسازی‌های عقلایی بسیار کوچک است. بنابراین حتی با متفاوت بودن نرخهای تنزیل، استخراج بنگاه i چندان متأثر از ذخایر بنگاه j نیست. در نهایت با مقایسه میزان تولید گروه کارتل و گروه حاشیه می‌توان گفت برای تمام پارامترسازی‌های عقلایی و منطقی (اختلافات منطقی بین r_i و r_j)، نتایج بدست آمده در این حالت همانند نتایج بدست آمده برای حالتی است که نرخهای تنزیل را یکسان در نظر گرفتیم.

جدول ۴. مدل دو دوره‌ای استخراج در شرایط متفاوت بودن نرخ تنزیل

ساختار بازی	قاعده استخراج
بازی رقابتی	$q_i = \frac{ar_i(\tau + r_j)(b + \varphi_j) - abr_j(\tau + r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_j)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)}$ $+ \left\{ \frac{(\tau + r_j)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j) + b^\tau(r_j - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_j)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} \right\} R_i.$ $+ \left\{ \frac{b(b + \varphi_j)(r_j - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_j)(b\varphi_i + b\varphi_j + \varphi_i\varphi_j)} \right\} R_j.$
بازی استاکلبرگ	$q_{i.} = \frac{ar_i(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i) - ab\varphi_i r_i(\tau + r_i) - \tau ab^\tau(r_i - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(b + \varphi_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)}$ $+ \left\{ \frac{(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i) - b^\tau(r_i - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)} \right\} R_{i.}$ $+ \left\{ \frac{b(1 + b^\tau)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)(r_i - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(b + \varphi_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)} \right\} R_{i.}$
	$q_{\tau.} = \frac{ar_\tau\varphi_i(\tau + r_i) + \tau ab(r_\tau - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)}$ $+ \left\{ \frac{(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i) - b^\tau(r_\tau - r_i)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)} \right\} R_{\tau.}$ $+ \left\{ \frac{b(b + \varphi_i)(r_i - r_\tau)}{(\tau + r_i)(\tau + r_i)(b + \varphi_i)(\tau b\varphi_i + b\varphi_i + \varphi_i\varphi_i)} \right\} R_{i.}$

بررسی قاعده استخراج در شرایطی که هزینه استخراج تابعی از سطح ذخایر باشد همانطور که اشاره شد، از نظر هاتلینگ هر چه که معدن عمیق تر می شود یا مقدار ذخیره باقیمانده کاهش می یابد، هزینه ها بطور فزاینده افزایش می یابند. بدین ترتیب ما در این حالت برای بررسی قاعده استخراج، فرم پیچیده تری از تابع هزینه را به صورت $F + \frac{1}{2R_i} \varphi_i q_i^2$ برای بنگاه i معرفی می کنیم. با این تابع هزینه برای مدل دو دوره ای استخراج و بازی رقابتی، استخراج بهینه برای بنگاه i به صورت زیر بدست می آید:

$$q_i = \frac{R_i}{1+r} + \frac{\varphi_j [r(1+a) - b(R_i + R_j)] R_i}{(1+r) \{ \varphi_i \varphi_j (1+r) + b(2+r) [\varphi_i R_j + \varphi_j R_i] \}} \quad (24)$$

برای دیگر ساختارهای بازار نیز قاعده استخراج به نتایجی مانند معادله (۲۴) می انجامد و به صورت غیرخطی^۱ بدست می آید. همچنین در این نوع توابع هزینه که به قواعد استخراج غیرخطی می انجامد، استخراج بنگاه i وابسته به ذخایر بنگاه j نیز است. اگر بنگاهها در واقعیت با چنین توابع هزینه ای روبرو باشند، ما می بایست انتظار داشته باشیم که یک رابطه خیلی پیچیده بین استخراج و ذخایر مشاهده کنیم. در اینصورت تخمین های شیب و عرض از مبدأ برای قاعده استخراج خطی بی ثبات^۲ خواهند شد و فرضیه خطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر می بایست رد شود. بر این اساس می توان گفت نتایج حاصل از مقایسه های صورت گرفته شده در مورد قواعد استخراج خطی، نمی تواند چندان معتبر باشد. بنابراین فرضیه خطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر را می بایست مورد آزمون قرار داد.

۳. تخمین مدل و تجزیه تحلیل نتایج

همانطور که ملاحظه شد، به دنبال تجزیه و تحلیل تأثیر تغییر ساختار بازار بر استخراج ذخایر، در تمام ساختارهای مختلف بازار به رابطه ای خطی بین استخراج و ذخایر دست یافتیم. بنابراین می توان به این نتیجه رسید که با تشکیل کارتل و تغییر ساختار بازار، رابطه خطی بین استخراج و ذخایر دستخوش تغییر نخواهد شد. به عبارتی، اگر این رابطه خطی قبل از تشکیل کارتل برقرار بوده باشد، بعد از تشکیل آن نیز برقرار خواهد بود. بر این اساس، در ادامه برای دستیابی به

1. Non-Linear

2. Unstable

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۳۷

نزدیکترین قاعده استخراج به واقعیت، از آنجا که در هر یک از دو گروه کارتل و حاشیه با تعداد زیادی کشور روبرو هستیم، به منظور حفظ درجات آزادی و اعتماد بیشتر به برآورد پارامترها و همچنین در نظر گرفتن تفاوت‌های واحدی (بین کشورها) که برای تصریح بهتر مدل است، هر یک از این قواعد استخراج را با استفاده از رگرسیون داده‌های تابلویی^۱ (استفاده از روش اثرات ثابت یا روش اثرات تصادفی، با توجه به آزمون هاسمن) مورد آزمون تجربی قرار می‌دهیم.

داده‌های مدل

داده‌های استفاده شده از مرور آمار انرژی جهان (BP) است و عبارتند از ذخایر اثبات شده در پایان هر سال (برحسب تریلیون مترمکعب) و میزان استخراج سالانه (برحسب میلیارد مترمکعب) برای هر کشور استخراج‌کننده گاز طبیعی در جهان. البته باید گفت داده‌ها برای کشور گینه استوایی که عضو کارتل است به طور کلی و همچنین برای بعضی از کشورهای دیگر در تمام دوره‌های زمانی موجود نیست (مخصوصاً برای کشورهای تازه استقلال یافته از شوروی سابق). در نتیجه کل داده‌های ما برای ۱۰ عضو دیگر کارتل و ۳۶ کشور حاشیه‌ای، در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۰ عبارتند از ۱۲۱۰ مشاهده برای استخراج و ذخایر.

معرفی تصریح مدل

الف- دیدیم برای توابع هزینه مستقل از سطح ذخایر هنگامی که نرخهای تنزیل را یکسان در نظر بگیریم، به قاعده استخراج خطی با شیب‌های عمومی^۲ (یکسان) دست می‌یابیم. از آنجا که عبارت عرض از مبدأ می‌تواند برای تمام استخراج‌کننده‌ها متفاوت باشد (به علت متفاوت بودن هزینه‌های استخراج و عملکرد بازاری)، ما در این حالت به منظور حفظ درجات آزادی و کارایی بیشتر، مدل را مانند یک مدل مقید^۳ (از نظر فرض یکسان بودن شیب برای تمام استخراج‌کننده‌ها) به صورت زیر تصریح می‌کنیم:

$$q_{it} = \beta_1 + \beta_2 R_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (25)$$

به طوری که β_1 پارامتر میانگین عرض از مبدأ استخراج‌کننده‌های حاشیه‌ای و کارتل، β_2 پارامتر شیب عمومی و عناصر غیرقابل مشاهده^۴ نیز شامل u_i (که برای واحدهای مقطعی متفاوت و در

1. Panel Data Regression
2. Common Slopes
3. Restricted Model
4. Unobserved Elements

طول زمان ثابت است)، v_t (که برای واحدهای مقطعی یکسان و در طول زمان تغییر می کند) و ε_{it} (که هم در طول زمان و هم در بین واحدها تغییر می کند) است.

ب- دیدیم برای توابع هزینه مستقل از سطح ذخایر، هنگامی که نرخهای تنزیل را متفاوت در نظر بگیریم، به قاعده استخراج خطی با شیبهای متفاوت دست می یابیم. به طوری که در این حالت ذخایر حریف نیز بر میزان استخراج بنگاه تأثیرگذار خواهد بود، ولی این اثرگذاری برای تمام پارامترسازیهای عقلایی و منطقی بسیار ناچیز است. بنابراین در این حالت نیز از اثرگذاری ذخایر حریف بر استخراج بنگاه صرف نظر می کنیم. همین طور از آنجا که عبارت عرض از مبدأ می تواند برای استخراج کنندهها متفاوت باشد، ما در این حالت نیز به منظور حفظ درجات آزادی و کارایی بیشتر، مدل را مانند یک مدل غیرمقید^۱ (که اجازه می دهد شیب کارتل متفاوت از شیب استخراج کنندههای مستقل یا حاشیه ای باشد) به صورت زیر تصریح می کنیم:

$$q_{it} = \beta_1 + \beta_2 R_{it} + \gamma \text{cartel}_i R_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

به طوری که β_1 پارامتر میانگین عرض از مبدأ استخراج کنندههای حاشیه ای و کارتل، β_2 پارامتر شیب استخراج کنندههای حاشیه ای و cartel_i یک متغیر مجازی است که برای کشورهای عضو کارتل برابر یک و برای کشورهای حاشیه ای صفر است. از این رو γ میانگین اختلاف در تخمین شیب برای کشورهای عضو کارتل و کشورهای حاشیه ای است. بنابراین برای یک قاعده استخراج خطی با شیبهای عمومی می بایست $\gamma = 0$ باشد.

ج- دیدیم برای توابع هزینه وابسته به سطح ذخایر، به قاعده استخراج غیرخطی پیچیده ای دست می یابیم. به طوری که در این حالت نیز ذخایر حریف بر میزان استخراج بنگاه تأثیرگذار است. نظر به اینکه ما با توجه به معادله (۲۴)، در این حالت در ارائه تصریح مناسب اقتصادسنجی با مشکل روبرو می شویم و از آنجا که به دنبال بررسی خطی یا غیرخطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر هستیم، برای حفظ درجات آزادی، افزایش کارایی و اعتماد بیشتر به برآوردها (مخصوصاً β_2)، از تصریح زیر صرفاً برای بررسی خطی یا غیرخطی بودن قاعده استخراج مانند یک آزمون فرضیه^۲ بهره می گیریم:

$$q_{it} = \beta_1 + \beta_2 R_{it} + \beta_2^x R_{it}^x + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

1. Unrestricted Model
2. Test of Hypothesis

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۳۹

به طوری که β_1 پارامتر میانگین عرض از مبدأ استخراج‌کننده‌های حاشیه‌ای و کارتل، β_2 پارامتر شیب عمومی و β_3 ضریب عبارت درجه ۲ است. بنابراین برای یک قاعده استخراج خطی می‌بایست $\beta_3 = 0$ باشد.

تخمین پارامترها و ارائه نتایج

همانطور که اشاره شد، پارامترها با استفاده از داده‌های تابلویی تخمین زده خواهند شد و نتایج حاصل از تخمین نیز با توجه به آزمون هاسمن (که به منظور انتخاب بین استفاده کردن از روش اثر تصادفی یا روش اثر ثابت انجام می‌شود) ارائه می‌شوند. بر این اساس به دنبال بررسی خطی یا غیرخطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر و استفاده کردن از همه مجموعه داده‌ها، نتایج حاصل از تصریح اقتصادسنجی معادله (۲۷) به صورت زیر گزارش می‌شوند:

$$\hat{q}_{it} = 31/80.713 + 0/004424R_{it} - 3/02 \times 10^{-8} R_{it}^2 \quad (28)$$

$$Std.Error: (1/17370) (0/000763) (2/35 \times 10^{-8})$$

$$t - statistic: (27/09918) (5/800846) (-1/284230)$$

$$prob: (0/0000) (0/0000) (0/1993)$$

$$R - Squared = 0/978662, \quad Adjusted R - Squared = 0/977799$$

$$Hausman test = 18/625017 \Rightarrow prob = 0/0001$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر دوی عبارت‌های شیب و عرض از مبدأ، مثبت و قویاً معنی‌دار^۱ هستند. در مورد ضریب عبارت درجه ۲ که منفی است و از رابطه مقعر^۲ بین ذخایر و استخراج حکایت می‌کند، باید گفت که آماره t تنها برای سطح اطمینان^۳ ۲۰ درصد و بالاتر در ناحیه بحرانی^۴ قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که ضریب عبارت درجه ۲ برای سطوح احتمال کمتر از ۲۰ درصد بی‌معنی^۵ است و در نتیجه برای سطوح احتمال کمتر از ۲۰ درصد، فرض صفر بودن β_3 را نمی‌توان رد کرد. بر این اساس فرضیه غیرخطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر رد می‌شود و فرضیه خطی بودن رابطه بین استخراج و ذخایر پذیرفته می‌شود. حال به دنبال بررسی یکسان یا متفاوت بودن شیب استخراج‌کننده‌های حاشیه‌ای و کارتل، با در نظر گرفتن همه

1. Highly Significant
2. Concave
3. Confidence Level
4. Critical Region
5. Insignificant

مجموعه داده‌ها و استفاده کردن از تصریح اقتصادسنجی معادله (۲۶)، نتایج به صورت زیر گزارش می‌شوند:

$$\hat{q}_{it} = 28/37374 + 0/008586R_{it} - 0/005428cartel_i R_{it} \quad (29)$$

Std.Error: (1/103825) (0/000951) (0/000981)

t - statistic: (25/70497) (9/032304) (-5/530418)

prob: (0/0000) (0/0000) (0/0000)

R - Squared = 0/979180 , Adjusted R - Squared = 0/978338

Hausman test = 28/183200 \Rightarrow prob = 0/0000

همانطور که ملاحظه می‌شود، هر دوی عبارت‌های شیب و عرض از مبدأ مثبت و قویاً معنی‌دار هستند. در صورتی که ضریب متغیر دامی یا γ که نمایانگر متفاوت بودن شیب کشورهای عضو کارتل و کشورهای حاشیه‌ای است، منفی و قویاً معنی‌دار است. در نتیجه فرض صفر بودن γ قویاً رد می‌شود. بر این اساس فرضیه مساوی بودن شیب استخراج‌کننده‌های کارتل و حاشیه‌رد می‌شود و در نهایت فرضیه وجود رابطه خطی بین استخراج و ذخایر با شیب‌های متفاوت استخراج‌کننده‌ها پذیرفته می‌شود.

با توجه به نتایج بدست آمده، از آنجا که منفی بودن ضریب عبارت درجه ۲ در رابطه (۲۸) (که البته بی‌معنی است) به رابطه مقعر بین ذخایر و استخراج اشاره دارد و منفی بودن ضریب متغیر دامی در رابطه (۲۹) از کمتر بودن شیب کارتل نسبت به کشورهای حاشیه‌ای حکایت می‌کند، به نظر می‌رسد که ضریب شیب برای کشورهای دارای ذخایر بزرگتر نسبت به کشورهای دارای ذخایر کوچکتر کمتر است. حال ما نسبت به آزمون این یافته، قاعده استخراج خطی پذیرفته شده را برای کشورهای دارای ذخایر کوچکتر و کشورهای دارای ذخایر بزرگتر به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

بدین ترتیب از آنجا که ترینیداد و توباگو کوچکترین عضو کارتل است و حجم ذخایرش حدود ۰/۵ تریلیون مترمکعب است، کشورهای حاشیه‌ای که حجم ذخایرشان کمتر از ۰/۵ تریلیون مترمکعب باشد را کشورهای حاشیه‌ای کوچک و کشورهای حاشیه‌ای که حجم ذخایرشان بیشتر از ۰/۵ تریلیون مترمکعب باشد را کشورهای حاشیه‌ای بزرگ تعریف می‌کنیم. البته از طرف دیگر

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۴۱

باید گفت انتخاب سطح ۰/۵ تریلیون مترمکعب این امکان را به ما می‌دهد که برای هر گروه نمونه‌ای مناسب از لحاظ تعداد کشورها در اختیار داشته باشیم.

نتایج حاصل از تخمین پارامترها برای تمام گروهها در جدول ۵ آورده شده‌اند. همانطور که ملاحظه می‌شود، عبارتهای شیب و عرض از مبدأ برای تمام گروهها مثبت و قویاً معنی‌دار هستند. به علاوه شیب برای گروههای دارای ذخایر بزرگتر نسبت به گروههای دارای ذخایر کوچکتر کمتر تخمین زده می‌شود. به طوری که اگر β_{FC} را عبارت شیب کارتل، β_{FF} را عبارت شیب کل حاشیه، β_{BF} را عبارت شیب حاشیه بزرگ و β_{SF} را عبارت شیب حاشیه کوچک تعریف کنیم، خواهیم داشت: $\beta_{FC} > \beta_{BF} > \beta_{FF} > \beta_{SF}$. با توجه به وجود رابطه خطی بین استخراج و ذخایر، می‌توان گفت نتایج بدست آمده به نوعی می‌توانند نشان‌دهنده این باشند که کشورهای دارای ذخایر بزرگتر نرخ تنزیل بیشتری دارند. این همان نتیجه‌ای است که اندرو پیکرینگ در سال ۲۰۰۷ به دنبال بررسی رابطه بین استخراج و ذخایر نفت خام (در حضور اوپک به عنوان رهبر بازار یا ساختار بازار رهبری استاکلبرگ) به آن دست یافت و ما این بار برای گاز طبیعی و به دنبال بررسی تأثیر تشکیل کارتل گاز بر عرضه جهانی گاز طبیعی به این نتیجه رسیدیم.

جدول ۵. نتایج تخمین مدل برای تمامی گروهها

	کارتل	کل حاشیه	حاشیه بزرگ	حاشیه کوچک
β_1	۲۴/۱۹۷۴۴	۵۹/۵۹۰۵۲	۴۴/۰۰۵۲۷	۴/۴۲۶۳۵۵
(t - Statistic)	(۱۲/۹۹۲۲۴)	(۲۲/۴۵۴۲۴)	(۱۷/۵۸۳۵۶)	(۳/۴۳۹۳۷۷)
β_2	۰/۰۰۳۱۵۸	۰/۰۰۸۵۸۶	۰/۰۰۸۲۰۷	۰/۰۰۳۱۶۸۰
(t - Statistic)	(۱۲/۹۰۱۸۱)	(۹/۰۳۷۰۲۰)	(۷/۰۲۲۳۷۶)	(۷/۵۰۱۶۹۵)
(تعداد مشاهدات) تعداد کشورها	۱۰(۲۷۳)	۳۶(۹۳۷)	۲۲(۵۳۹)	۱۴(۳۹۸)
R - Squared	۰/۹۸۴۸۲۸	۰/۹۷۶۶۲۱	۰/۹۷۸۲۲۴	۰/۸۱۱۷۹۶
Hausman test	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۵۰	۰/۰۴۴۰	۰/۰۰۴۶

۴. نتیجه‌گیری

به دنبال آزمون هر یک از قواعد استخراج و رد فرضیه غیرخطی بودن قاعده استخراج، در نهایت دیدیم که داده‌ها از وجود رابطه خطی بین استخراج و ذخایر با ضریب‌های شیب متفاوت استخراج‌کننده‌ها حمایت می‌کنند (ضریب‌های شیب کمتر برای استخراج‌کننده‌های با ذخایر

بزرگتر). بنابراین ما در این تحقیق (علیرغم اینکه به دنبال بررسی مقایسه میزان تولید در ساختارهای مختلف بازار بودیم)، مانند اندرو پیکرینگ به این نتیجه رسیدیم (این بار برای گاز) که کشورهای دارای ذخایر بزرگتر، نرخ تنزیل بیشتری دارند.

با توجه به نتایج بدست آمده، می توان گفت که تغییرات در سطح ذخایر از طریق ضریب شیب بر میزان استخراج بنگاه تأثیر می گذارد. همچنین می توان گفت با تغییر ساختار بازار از حالت رقابتی (قبل از تشکیل کارتل) به حالت رهبری استاکلبرگ (بعد از تشکیل کارتل)، عرضه جهانی گاز طبیعی کاهش خواهد یافت و در نتیجه قیمت افزایش می یابد. ولی نظر به اینکه با تغییر ساختار بازار از حالت رقابتی به رهبری استاکلبرگ، تولید استخراج کننده های حاشیه ای افزایش می یابد، می توان گفت که آنها از تشکیل کارتل استقبال نموده و حتی از خود اعضای کارتل که با یکدیگر تسانی کرده و قیمت را افزایش داده اند، بیشتر منتفع می شوند. به عبارت دیگر تمامی استخراج کننده های گاز طبیعی از تغییر ساختار بازار از حالت رقابتی به حالت رهبری استاکلبرگ سود می برند، ولی از آنجایی که اساساً عدم عضویت در کارتل نسبت به عضویت در آن دارای منافع بیشتری بوده و ارجحیت دارد، هر کشور استخراج کننده گاز طبیعی تمایل دارد که دیگران یا دیگر کشورها اقدام به تشکیل کارتل نمایند. بر این اساس عموماً کشورهای صادرکننده و دارای ذخایر بزرگتر که از وجود شرایط رقابتی بیشتر از سایرین متضرر می شوند، اقدام به تشکیل کارتل می نمایند. در این میان با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که طبیعتاً بعد از تشکیل کارتل نیز هر یک از اعضای کارتل (مخصوصاً اعضای کوچکتر و دارای ظرفیت تولیدی کمتر^۱) تمایل دارند که از کارتل خارج شده و به اعمال فریبکارانه و تولید بیشتر از سهمیه که به افزایش منافع خود و کاهش منافع دیگر اعضا می انجامد، اقدام نمایند. بنابراین هر یک از این اعضا می خواهند از موقعیت کارتل به نفع خودشان استفاده کنند و کاری به منافع دیگر اعضا ندارند. بر این اساس اگر کارتل جایگاه قانونی چندان محکمی نداشته باشد و تحدید تنبیه یک عضو مشخص در شرایط عدم همکاری، توسط سایر اعضا چندان معتبر نباشد و یا منفعت حاصل از عدم همکاری بیشتر از هزینه تنبیه و اقدامات تلافی جویانه سایر اعضا باشد (به گونه ای که اقدام به تخلف سودمندتر از راه حل همکاری باشد)، موضوعیت وجود کارتل تا حد زیادی منتفی بوده و هر یک

۱. با خروج اعضای بزرگتر و دارای ظرفیت تولیدی بیشتر، بازار از شرایط رهبری استاکلبرگ به شرایط رقابتی نزدیکتر شده و موضوعیت وجود کارتل تا حد زیادی منتفی می شود. در نتیجه شاید بتوان گفت که اعضای دارای ذخایر بزرگتر و ظرفیت تولیدی بیشتر چندان تمایل به خروج از کارتل ندارد.

بررسی تأثیر تشکیل کارتل گازی بر روند استخراج ذخایر با رویکرد نظریه بازی‌ها ۱۴۳

از اعضای آن به جای تبانی به رقابت با یکدیگر می‌پردازند. در نتیجه می‌توان گفت که در این شرایط با وجود تشکیل کارتل عملاً ساختار بازار در حالت رقابتی باقیمانده و تشکیل کارتل تأثیر چندانی بر عرضه جهانی گاز نخواهد گذاشت. حال اگر درون کارتل قوانین محکم و بازدارنده‌ای وجود داشته باشد، می‌توان گفت هر عضو تا زمانی که مقدار ذخایر قابل ملاحظه‌ای در اختیار دارد به تبانی با دیگران ادامه داده و منافع بلندمدت خود را به مخاطره نمی‌اندازد. در این صورت با توجه به نتایج بدست آمده انتظار داریم در دهه‌های آینده با کاهش عرضه و افزایش قیمت جهانی گاز طبیعی روبرو شویم.

بنابراین در نهایت می‌توان گفت، اگر قوانین این کارتل به گونه‌ای باشد که با خروج کامل یک عضو مشخص آن (مانند ایران) منحل نشود (به عبارتی اگر عضوی شفافاً خروجش را به کارتل اطلاع دهد و سایر اعضا همچنان در کارتل بمانند و به تبانی با یکدیگر ادامه دهند)، از نگاه منفعت‌طلبانه اقتصادی برای آن عضو بصرفه است که علیرغم کاهش قدرت کارتل از آن خارج شود. مگر آنکه به عضویت در کارتل از منظر افزایش منافع سیاسی نگاه کنیم، به گونه‌ای که اعضای آن با همکاری یکدیگر می‌توانند در مواقع لزوم، از این کارتل به عنوان ابزاری برای اهرم فشار به دیگر کشورها در معاهدات سیاسی استفاده کنند. بدین ترتیب در این شرایط عضویت در کارتل و افزایش منافع سیاسی به خروج از آن و افزایش منافع اقتصادی بیشتر، ممکن است ارجحیت داشته باشد. این نیز استدلالی دیگر است، مبنی بر اینکه چرا بعضی از کشورها اقدام به تشکیل کارتل می‌کنند و یا اینکه در آن باقی می‌مانند. از آنجا که ۶ عضو این کارتل یعنی ایران، قطر، نیجریه، لیبی، الجزایر و ونزوئلا از اعضای اوپک نیز هستند شاید بتوان این تحلیل را نیز تا حدی پذیرفت. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از این مقاله در تحقیق آینده می‌توان این را مورد بررسی قرار داد که چرا بعضی کشورها (مخصوصاً کشورهای کوچکتر^۱) با وجود منافع اقتصادی بیشتر به طور کلی از کارتل خارج نمی‌شوند و اینکه چرا کشورهای با ذخایر بزرگتر دارای نرخ تنزیل بیشتری هستند و آیا نتیجه بدست آمده برای دیگر منابع پایان‌پذیر مانند زغال سنگ نیز برقرار است.

۱. خروج کشورهای بزرگتر عموماً به منحل شدن کارتل می‌انجامد.

منابع

- British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy (www.bp.com)
- Dasgupta, P. and G. Heal (1979), *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press.
- Eswaran, M. and T. Lewis (1985), "Exhaustible Resources and Alternative Equilibrium Concepts", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 18, pp. 459-473.
- Farzin, Y. H. (1992), "The Time Path of Scarcity Rent in the Theory of Exhaustible Resources", *Economic Journal*, Vol. 102, pp. 813-830.
- Hansen, L. P., Epple, D. and W. Roberds (1985), "Linear-quadratic Models of Resource Extraction", In: Sargent, T.J (Ed.), *Energy, Resources and Strategy*, Resources for the Future, Washington.
- Hanson, D. A. (1980), "Increasing Extraction Costs and Resource Prices: Some Further Results", *Bell Journal of Economics*, Vol. 11, pp. 335-342.
- Hartwick, J. M. and P. A. Sadorsky (1990), "Duopoly in Exhaustible Resource Exploration and Extraction", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 7, pp. 371-378.
- Heal, G. (1976), "The Relationship between Price and Extraction Cost for a Resource Exploration And Extraction", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 7, pp. 371-378.
- Hotelling, H. (1931), "The Economics of Exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, Vol. 39, pp. 137-175.
- Krautkraemer, J. A. (1998), "Nonrenewable Resource Scarcity", *Journal of Economic Literature*, Vol. 36, pp. 2065-2107.
- Pickering, A. (2007), "The Oil Reserves Production Relationship", *Energy Economics*, Vol. 30, pp. 352-370.
- Sargent, T. J. (1979), *Macroeconomic Theory*, Academic Press, New York.
- Solow, R. M. and F. Y. Wan (1976), "Extraction Costs in the Theory of Exhaustible Resources", *Bell Journal of Economics*, Vol. 7, pp. 359-370.