رقابت بنگاه‌های مسلط و حاشیه‌ای در بازار با تقاضای پویا

مهرناز لؤلؤیی | m.loloei@yahoo.com
کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی- اجتماعی، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.

مهدی فدائی | m.fadaee@imps.ac.ir
استادیار اقتصاد، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی (نویسنده مسئول).

دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸ | پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۲۶

چکیده: در برخی از کالاها مانند انرژی، تقاضا بی‌درنگ به تغییرهای قیمت واکنش نشان نمی‌دهد و سرعت تطبیق تقاضا کُند است. کندبودن سرعت تطبیق تقاضا، یکی از ویژگی‌های مهم بازار نفت و انرژی است. این پژوهش، به بررسی اثر کندبودن تطبیق تقاضا بر قیمت و میزان تولید در یک صنعت سوخت فسیلی می‌پردازد؛ که در آن، عرضه توسط یک بنگاه مسلط بر بازار و بنگاه حاشیه‌ای انجام می‌شود. بنگاه مسلط، دارای منابع زیاد و هزینهٔ تولید کم است و در طرف مقابل، بنگاه حاشیه دارای منابع محدود و هزینهٔ استخراج بالا از این منابع است. از آنجا که منافع این دو گروه، متاثر از رفتار راهبردی یکدیگر است و همچنین، مقدار تقاضا و منبع در طول زمان تغییر می‌کنند، مسئله در چارچوب یک بازی استکلبرگ پویا مدل می‌شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که هرچه سرعت تطبیق تقاضا کمتر باشد، عرضه بیشتر و سرمایه‌گذاری برای کشف منابع جدید افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش نرخ بهره، سبب نزدیک‌بین شدن بنگاه‌ها شده و درآمد خود را کمتر به آینده واگذار می‌نمایند. در نتیجه، مقدار منبع و عرضهٔ بلندمدت بنگاه مسلط و حاشیه‌ای کاهش می‌یابند. در مقابل، افزایش اندازهٔ بازار سبب افزایش ذخایر بنگاه حاشیه‌ای در بلندمدت و همچنین، افزایش مقدار عرضهٔ دو بنگاه و کاهش قیمت می‌شود.

کلیدواژه‌ها: منابع تجدیدناپذیر، بنگاه مسلط، بنگاه حاشیه‌ای، تقاضای پویا، فعالیت‌های اکتشافی، بازی‌های پویا.
طبقه‌بندی JEL: Q31, L13, C72.

فصلنامه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه | شاپا (چاپی) ۲۲۵۱-۹۰۹۲ | سال بیستم و دوم | شماره ۳ | پاییز ۱۳۹۶ | نمایه در ISC | ص‌ص ۶۰-۴۵

مقدمه

امروزه، رشد اقتصادی کشورها تا حد زیادی نیازمند مصرف انرژی است و سهم زیادی از انرژی مصرفی جهان توسط منابع تجدیدناپذیر مانند نفت تامین می‌شود. از سوی دیگر، این منابع به‌طور یکنواخت در تمام مناطق زمین وجود ندارند و هر کشوری دارای ذخایر متفاوتی هست که با توجه به شرایط موجود آن منطقه، استخراج آن‌ها هزینهٔ متفاوتی دارد. به‌طوری که برخی از ذخایر این منابع، در دسترس و برخی به دلیل سخت‌بودن شرایط استخراج و کم‌بودن منبع، نیازمند هزینهٔ بیشتری هستند. از این‌رو، قیمت تعیین‌شدهٔ این منابع می‌تواند در موجه‌بودن و زمان اقتصادی‌شدن استخراج منابع تاثیرگذار باشد. در صورتی که، قیمت منابع به اندازهٔ کافی بالا باشد، کشف منابع توجیه‌پذیر می‌شود و انگیزهٔ بیشتری برای کشف منابع جدید و عرضهٔ بیشتر به‌وجود می‌آید. از آن‌جا که مسئلهٔ استخراج و قیمت‌گذاری بهینهٔ منابع تجدیدناپذیر، از اهمیت زیادی در اقتصاد انرژی برخوردار است و عوامل متعددی بر تعیین قیمت و تعادل بلندمدت بازار این کالاها و سود بنگاه‌های عرضه‌کننده موثر هستند، تاکنون پژوهش‌های زیادی با لحاظ‌نمودن فروض متفاوت به بررسی جنبه‌های مختلف این موضوع پرداختند.

در این پژوهش، تحلیل مسئله استخراج از ذخایر یک منبع تجدیدناپذیر و تعیین تعادل بلندمدت در یک بازار انحصار دوجانبه انجام می‌شود که در آن تقاضا برای منبع دارای خاصیت کندبودن سرعت تطبیق[1] است. در این مسئله، بنگاه‌هایی که دارای ذخایر کمتر هستند، جهت افزایش منابع خود اقدام به یک‌سری از فعالیت‌ها برای اکتشاف منابع جدید می‌نمایند. به این منظور و برای سادگی، طرف عرضه بازار به صورت یک انحصار دوجانبه[2] در نظر گرفته می‌شود که بازیگران اصلی آن یک بنگاه مسلط و یک بنگاه حاشیه‌ای هستند که به آن‌ها فرینج[3] گفته می‌شود. مبتنی بر شرایط دنیای واقعی، منابع نفتی بنگاه مسلط دارای منابع بیشتر و هزینهٔ تولید کمتر بوده، و بر بازار مسلط است و نقش رهبری[4] دارد. از این‌رو، قیمت بازار را با توجه به قید پویابودن تقاضا و با هدف بیشینه‌کردن مجموع سود تنزیل‌شدهٔ خود در طول زمان، کنترل و تعیین می‌کند. فرینج نیز قیمتی را که توسط بنگاه مسلط تعیین شده، از بازار می‌گیرد و سپس برنامهٔ تولید و اکتشاف خود را بهینه می‌کند. به این دلیل، فرینج را تولیدکنندهٔ رقابتی می‌نامند. فرینج در شرایط رقابتی، ذخایر خود را بهره‌برداری می‌کند و

1. Sluggish Demand
2. Duopoly
3. Fringe
4. Leader

به منظور تعیین میزان استخراج و سطح تلاش برای اکتشاف منابع جدید، مجموع ارزش حال سود انتظاری خود را با توجه به قید کمیابی ذخایر، به بیشینه می‌رساند. از آن‌جا که منافع بنگاه مسلط و فرینج متاثر از رفتار راهبردی یکدیگر هستند، برای حل مسئله و به‌دست‌آوردن تعادل، از رویکرد تئوری بازی‌ها[1] استفاده می‌شود. همچنین، از آنجا که مقدار تقاضا و ذخیره منبع فرینج در طول زمان از تصمیم‌های دو بازیگر متاثر می‌شوند، بازی بین بنگاه مسلط و فرینج به صورت پویا مدل‌سازی می‌شود. به علاوه، به دلیل ماهیت رقابت میان آن‌ها، بازی از نوع بازی‌های استکلبرگ[2] خواهد بود.

تاکنون پژوهش‌های زیادی در ارتباط با بررسی بازار منابع تجدیدناپذیر انجام شده است که برخی از چارچوب تئوری بازی‌ها و بازی‌های پویا استفاده کردند. هتلینگ[3] (۱۹۳۱)، مسئلهٔ استخراج بهینه از منابع تجدیدناپذیر را با درنظرگرفتن قیمت سایه[4] مطرح می‌کند و در مدل خود بیان می‌کند که این قیمت به اندازهٔ نرخ بهره طی زمان رشد می‌کند. سالانت[5] (۱۹۷۶)، طرف عرضهٔ بازار نفت را به صورت یک کارتل[6] داخلی بزرگ و تعداد زیادی از عرضه‌کنندگان کوچک درنظر می‌گیرد و به بررسی ویژگی‌های تعادل مدل استخراج‌کننده غالب در دو حالت می‌پردازد که در یکی هزینهٔ نهایی استخراج صفر است و در دیگری، شیب هزینه روبه بالا است. ساختار بازاری که وی تعریف کرده، در بسیاری از پژوهش‌ها مانند پیندایک[7] (۱۹۷۸)، سالانت (۱۹۸۲)، و آلف و فولی[8] (۱۹۸۰) مورد تحلیل قرار گرفته است. تمام این پژوهش‌ها، از مفهوم تعادل نش[9] استفاده کردند. گیلبرت[10] (۱۹۷۸)، در پژوهش خود بیان می‌کند که برای این ساختار بازار، مفهوم راه‌حل استکلبرگ می‌تواند بهتر باشد و به توصیف یک مدل استکلبرگ، بیشینه‌کردن سود که یک بنگاه مسلط دارد به راهبرد قیمت‌گذاری در یک بازار منابع تجدیدناپذیر، می‌پردازد. وی نشان می‌دهد که راهبرد بهینهٔ قیمت‌گذاری بنگاه مسلط با توجه به هزینهٔ نهایی تولید فرینج و ظرفیت تولید آن تغییر می‌کند. در ادامه، ینگ[11] (۲۰۱۳) به بررسی و کشف پروفایل‌های استخراج یک صنعت منبع تجدیدناپذیر در یک تعادل استکلبرگ می‌پردازد و

1. Game Theory
2. Stackelberg
3. Hotelling
4. Shadow Price
5. Salant
6. Cartel
7. Pindyck
8. Ulph & Folie
9. Nash-Cournot
10. Gilbert
11. Yang

ویژگی‌های تعادل استکلبرگ با حالت پایه تعادل حلقه‌باز کورنو نش[1] را مقایسه و هم‌سنجی می‌کند. و به این نتیجه می‌رسد؛ زمانی که پیروها در بازار حضور دارند، رهبر، پروفایل استخراج خود را به‌طور حاشیه‌ای به تأخیر می‌اندازد و پیروها به فرایند استخراج خود سرعت می‌بخشند.

بنشکرون و همکاران[2] (۲۰۰۹)، با استفاده از رویکرد بازی‌های پویا، ویژگی‌های تعادل نش حلقه‌باز را برای تعداد زیادی از بنگاه که در دو گروه متفاوت از نظر مقدار منابع و هزینه ثابت نهایی قرار دارند، در قالب یک مدل کارتل- فرینج در یک انحصار چندجانبه[3] مورد بررسی قرار می‌دهد و ترتیب استخراج منابع و اثرهای رفاهی آن‌ها را تعیین می‌کند. وی نشان می‌دهد که در تعادل نش ممکن است موقعیتی وجود داشته باشد که در آن قانون هرفیندال[4] نقض می‌شود. به‌ویژه در زمانی که منابع با هزینهٔ پایین‌تر پس از منابع با هزینهٔ بالاتر استخراج می‌شوند. همچنین، در پژوهش دیگری که توسط بنشکرون و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد، کاربرد و مفهوم رفاه برای منابع تجدیدناپذیر همگن با وجود یک بنگاه غالب مورد بررسی قرار می‌گیرد و نشان می‌دهد که ذخیرهٔ بیشتر، لزوماً بهتر نیست. افزایش مواهب منابع طبیعی ممکن است برای رفاه که به صورت جمع مازاد مصرف‌کننده و تولیدکننده معرفی شده است زیان‌آور باشد. در پژوهشی دیگر، بنشکرون و ویتاگن (۲۰۱۲) مسئلهٔ استخراج منابع طبیعی را در یک رقابت ناکامل[5] درنظر می‌گیرد و با استفاده از رویکرد بازی‌های پویا، تعادل نش حلقه‌بسته[6] را برای یک مدل کارتل- فرینج به‌دست می‌آورد که در آن، فرینج، گیرندهٔ قیمت است و نشان می‌دهد که نتایج تعادل بازی به روش حلقه‌باز در این حالت، با نتایج روش حلقه‌بستهٔ آن هم‌پوشانی دارد و در این حالت، تعادل حلقه‌باز می‌تواند به عنوان یک زیر بازی کامل[7] محسوب شود. اما زمانی که تعداد بنگاه‌های فرینج زیاد می‌شود نتایج تعادل نش حلقه‌بستهٔ آن با نتایج تعادل حلقه‌باز مدل کارتل در مقابل فرینج هم‌پوشانی ندارد.

در ارتباط با فعالیت‌های اکتشافی منابع جدید، گیلبرت (۱۹۷۶) از این فعالیت‌ها برای به‌دست آوردن مقدار بهتری از اندازهٔ ذخیره پایه ثابت استفاده می‌کند. پیندایک (۱۹۷۸) نشان می‌دهد که الگوی فعالیت‌های اکتشافی تا حد زیادی وابسته به سطح ذخایر نخستین و نرخ تنزیل دارد. همچنین،

1. Open-loop Cournot-Nash Equilibrium
2. Benchekroun *et al.*
3. Oligopoly
4. Herfindahl
5. Imperfect Competition
6. Closed-loop Cournot-Nash Equilibrium
7. Subgame Perfect

لامبرتینی[1] (۲۰۱۴) مدلی را در یک صنعت منبع تجدیدناپذیر با رقابت کورنو در نظر می‌گیرد که بر روی فعالیت‌های هزینه‌بر اکتشاف برای افزایش ذخایر منبع سرمایه‌گذاری می‌شود و نشان می‌دهد که دسترسی خصوصی به یک منبع انحصاری انگیزهٔ بیشتری را برای اکتشاف نسبت به حالتی فراهم می‌کند که استخراج عمومی از یک منبع صورت می‌گیرد.

پویابودن عرضه و تقاضا نیز می‌تواند ویژگی بسیاری از کالاها و بازارها به‌ویژه برای بسیاری از سوخت‌ها به دلیل هزینه‌بربودن تطبیق در طرف عرضه و تقاضای آن‌ها باشد. ویرل[2] (۱۹۹۰) بیان می‌کند که تقاضا برای انرژی به‌خصوص تقاضا برای نفت بسیار کند است. با فرض پویابودن تقاضا، یک انحصارگر یا یک کارتل ممکن است از یک سیاست ناپایدار یا پایدار قیمت برای بیشینه‌کردن سود خود استفاده کنند. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که شکل تابع تقاضا، تعیین‌کننده پایداری یا ناپایداری قیمت است. ویرل (۲۰۱۰) به مطالعه راهبردهای مقداری غیررقابتی بهینه زمانی می‌پردازد که تحول‌های عرضه و تقاضا بازار انرژی پویا هستند. وی تعادل‌های همکارانه و غیرهمکارانه را در راهبردهای حلقه‌باز و مارکف[3] مورد تحلیل قرار داده و نشان می‌دهد که تعادل‌های به‌دست آمده از راهبرد مارکف، از آنچه که در مدل‌های چسبندگی قیمت[4] مورد بحث قرار گرفته، متفاوت است. ویرل (۲۰۱۵) به توصیف راهبرد بهینهٔ یک کارتل پرداخته که با تقاضای تصادفی، دینامیک و محدب مواجه است و بیان می‌کند که زمانی که به مدل‌سازی کارتل به‌طور کلی و تصمیم‌های اوپک به‌طور خاص پرداخته می‌شود، توجه به تفاوت قابل‌توجه بین کشش قیمتی کوتاه‌مدت و بلندمدت تقاضا بسیار مهم است.

در این پژوهش تلاش می‌شود تا برای تطابق بیشتر با واقعیت و با تعمیم پژوهش‌های پیشین در خصوص مدل‌های کارتل‌ـفرینج منابع تجدیدناپذیر، با درنظرگرفتن پویابودن تقاضای سوخت‌های فسیلی مانند نفت، امکان اکتشاف منابع جدید را برای بنگاه‌هایی که مقدار منابع کمتری دارند بررسی نموده، و سیاست عرضه‌کنندگان یک منبع تجدیدناپذیر را در مورد قیمت، مقدار استخراج و اکتشاف منابع مورد تحلیل و بازبینی قرار دهد. در ادامهٔ این پژوهش و در بخش دوم، به بیان مدل مسئله پرداخته می‌شود. در بخش سوم، مراحل حل مدل توضیح داده می‌شود و در بخش چهارم نتایج آن ارائه می‌شود. بخش آخر، به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پژوهش اختصاص می‌یابد.

1. Lambertini
2. Wirl
3. Markov
4. Sticky Price

مدل مسئله

در این پژوهش، صنعتی درنظر گرفته می‌شود که بنگاه‌های آن، ذخایر یک منبع انرژی پایان‌پذیر (مانند نفت) را استخراج می‌کنند. ذخایر این صنعت به صورت کالای متجانس و همگن است و از نظر کیفیت و درجهٔ خلوص یکسان است. از این‌رو، قیمت محصول همهٔ بنگاه‌ها یکسان است. همچنین، بنگاه‌های این صنعت از نظر هزینهٔ استخراج و دسترسی به ذخایر، به دو گروه متمایز تقسیم می‌شوند. گروه نخست، دارای ذخایر بیشتر و هزینهٔ استخراج کمتر، و گروه دوم، دارای ذخایر کمتر و هزینهٔ استخراج بالاتری هستند. گروه نخست را گروه مسلط (کارتل) می‌نامیم که به صورت یکپارچه و با هویت یکسان در بازار عمل می‌کنند. در مقابل، بنگاه‌های دسته دوم، گروه حاشیه‌ای یا فرینج نامیده می‌شوند. اعضای این گروه با افزایش قیمت محصول و مقرون‌به‌صرفه شدن استخراج و تولید بیشتر، فعالیت‌های اکتشافی خود (از جمله اکتشاف منابع نامتعارف) را توسعه می‌دهند. در الگوی بکار رفته در این پژوهش، تولیدکنندگان مسلط، در حکم بنگاه قیمت‌گذار و تولیدکنندگان فرینج، قیمت‌پذیر هستند. در این الگو، بنگاه مسلط اگر قیمت محصول را در سطحی بسیار پایین تعیین نماید، ممکن است هیچ‌کدام از تولیدکنندگان فرینج نتوانند در بازار حضور مستمر داشته باشند و کلیهٔ حجم مبادله‌های اصلی بازار در اختیار تصمیم‌گیری‌های بنگاه مسلط است و اگر آن، قیمت بازار را از مرزهای احتیاطی بالاتر تعیین نماید، به مرور در هر سطحی از قیمت، بخشی از تولیدکنندگان فرینج وارد بازار شده و ظرفیت تولیدی خود را گسترش می‌دهند. در این مدل، برای سادگی فرض می‌شود که تنها یک تولیدکنندهٔ فرینج در بازار وجود دارد.

مقدار عرضه بنگاه مسلط و فرینج را به ترتیب با $q_c(t)$ و $q_f(t)$ نشان داده و تقاضای بازار برابر q(t) است. از این‌رو، شرط برقراری تعادل در بازار بیان می‌کند که:

$$q(t) = q_c(t) + q_f(t). \qquad (۱)$$

هریک از گروه‌های نام‌برده در صنعت سعی دارند تا سود خود را با توجه به درنظرگرفتن تصمیم‌های دیگری بیشینه نمایند. در اینجا، سود انتظاری بنگاه مسلط را در هر لحظه به صورت رابطه (۲) تعریف می‌کنیم:

$$\pi_c(t) = p(t)(q(t) - q_f(t)) - \frac{c_c\left(q(t)-q_f(t)\right)^2}{2}. \qquad (۲)$$

عبارت نخست، بیان‌گر درآمد بنگاه مسلط از مقدار عرضهٔ خود $(q(t) - q_f(t))$ و عبارت دوم، هزینه‌ای است که برای تولید این مقدار عرضه متحمل می‌شود. همان‌گونه که از رابطه (۲) مشخص است، هزینهٔ بنگاه مسلط تابعی محدب از درجهٔ دو و با ضریب c_c، که اندیس c بیان‌گر بنگاه مسلط (کارتل) است، درنظر گرفته شده است.

در این پژوهش، فرض می‌شود که مقدار منابع در دسترس بنگاه مسلط در مقایسه با فرینج بسیار زیاد بوده و فعالیت‌های اکتشافی اثر چندانی بر مقدار ذخایر و هزینهٔ آن ندارد. اما فرینج در مسیر تولید خود با محدودیت منابع مواجه است و برای افزایش مقدار ذخایر خود در هر دوره، دست به یک‌سری از اقدام‌های اکتشافی برای کشف منابع جدید می‌زند که با e نشان داده می‌شود و بیان‌گر میزان فعالیت‌های اکتشافی یا همان میزان تلاش است و با یک ضریب ثابت v باعث افزایش مقدار منبع در هر دوره می‌شود. بنابراین، تغییرهای مقدار منبع فرینج از معادلهٔ پویای (۳) پیروی می‌کند:

$$\frac{dx}{dt} \equiv \dot{x}(t) = -q_f(t) + e(t)v. \qquad (۳)$$

که در آن $x(t)$ میزان ذخیرهٔ فرینج و $\dot{x}(t)$ میزان تغییرهای این ذخیره در دوره t است. در هر دوره، با افزایش تلاش به منظور کشف منابع جدید به ذخیرهٔ فرینج افزوده و به میزان استخراج هر دوره، از آن کاسته می‌شود.

فعالیت‌های اکتشافی برای بنگاه فرینج هزینه‌بر است و هزینهٔ آن در تابع سود بنگاه به صورت $\frac{be^2}{2}$ وارد می‌شود که در آن b پارامتر ثابت و نشان‌دهندهٔ ضریب هزینهٔ کشف منابع جدید است. بنابراین، تابع سودی که فرینج در هر لحظه با آن مواجه می‌شود، برابر است با:

$$\pi_f(t) = p(t)q_f(t) - \frac{C_f q_f^2(t)}{2x(t)} - \frac{be(t)^2}{2}. \qquad (۴)$$

که در آن عبارت نخست، مقدار درآمد حاصل از استخراج q_f است و عبارت دوم، هزینه‌های این استخراج است که این هزینه، وابسته به مقدار ذخایر در دسترس، x است و هرچه این ذخایر کاهش یابد، هزینهٔ استخراج بالاتر خواهد بود. از سوی دیگر و در طرف تقاضا، یکی از ویژگی‌هایی که از دیرباز در بازارهای انرژی مشاهده می‌شود، پویابودن تقاضا و به عبارت دقیق‌تر، کندبودن تطبیق تقاضا است. در واقع، به دلیل وابسته‌بودن تقاضای انرژی به سطح فناوری دستگاه‌ها و تجهیزاتی که انرژی مصرف می‌کنند، و همچنین، به دلیل طول عمر این دستگاه‌ها یا زمان‌بربودن تغییر فناوری، واکنش کوتاه‌مدت تقاضا به تغییر قیمت با واکنش بلندمدت آن متفاوت است. در واقع، تقاضا در کوتاه‌مدت به کندی و در طول زمان، خود را به سطح بلندمدت تقاضای استخراج‌شده از تابع تقاضا می‌رساند. از این‌رو، در هر لحظه از زمان، تقاضای مشاهده‌شده در بازار $q(t)$، از تقاضای بلندمدت یا همان تقاضای به‌دست آمده از تابع تقاضا، $\hat{q}(t)[= a - p(t)]$ فاصله دارد، که مطابق با معادلهٔ (۵) فرض می‌شود این فاصله با نرخ s پوشش داده شود:

$$\frac{dq}{dt} \equiv \dot{q}(t) = s(\hat{q}(t) - q(t)). \qquad (۵)$$

در این رابطه، s سرعت تطبیق تقاضا است که در بازه $(0,\infty)$ قرار دارد. $s=0$ بیان‌گر این موضوع است که تقاضای فعلی بازار هیچ‌گاه به تقاضای بلندمدت یا همان تقاضای به‌دست آمده از تابع تقاضا نمی‌رسد. همچنین، $s=\infty$ نشان‌دهندهٔ تطبیق فوری تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت است. از آنجا که این ویژگی تقاضا بر مقدار قیمت تعادلی بازار اثرگذار است، بنگاه مسلط در تعیین مسیر قیمت و بیشینه‌کردن سود خود با محدودیت کندبودن تقاضا، و با معادله (۵) مواجه است. از سوی دیگر، فرینج با محدودیت ذخایر منابع روبه‌رو است که در طول زمان تغییر می‌کند. بنابراین، رقابت بین بنگاه مسلط و فرینج باید به صورت پویا مدل شده و از آنجایی که دو گروه در تصمیم‌گیری‌های خود با یکدیگر در رقابت و تعامل راهبردی هستند، و اقدام‌های صورت‌گرفته توسط هرکدام از آن‌ها نه‌تنها بر منافع و سرنوشت خود، بلکه بر منافع و سرنوشت دیگری اثر می‌گذارد، برای حل مسئلهٔ بین آن‌ها از رویکرد بازی‌های پویا استفاده می‌شود. تابع هدف بنگاه مسلط، مجموع ارزش سود انتظاری وی در طول زمان است:

$$\pi_c = \int_0^{\infty} e^{-rt}\left[p(t)(q(t)-q_f(t)) - \frac{C_f(q(t)-q_f(t))^2}{2}\right]dt, \qquad (۶)$$

و مسئلهٔ بنگاه مسلط، بیشینه‌کردن این تابع با کنترل قیمت، $p(t)$ و با توجه به قید پویایی تقاضا (۵) است.

هدف فرینج بیشینه‌کردن مقدار سود انتظاری خود در طول زمان با انتخاب مقدارهای بهینهٔ تولید، $q_f(t)$ و تلاش $e(t)$، و با توجه به محدودیت مقدار منابع (۳) است:

$$\max_{\{q_f,e\}} \pi = \int_0^{\infty} e^{-rt}\left[p(t)q_f(t) - \frac{C_f q_f(t)^2}{2x(t)} - \frac{be(t)^2}{2}\right]dt, \qquad (۷)$$

که در آن، شرط نخست به صورت $x(0)=x_0$ است.

در بخش بعدی، به تفصیل مراحل حل بازی صورت‌گرفته بین دو گروه و به‌دست آوردن تعادل آن شرح داده می‌شود.

تعادل مسئله

همان‌طور که بیان شد، هدف بنگاه مسلط (کارتل) در این پژوهش، بیشینه‌نمودن سود انتظاری خود در طول زمان توسط تعیین قیمت و هدف فرینج بیشینه‌کردن سود انتظاری خود از راه تعیین مقدار تولید و میزان تلاش در طول زمان است. از آن‌جا که اهداف بنگاه مسلط و فرینج متاثر از متغیرهای کنترلی یکدیگر هستند، بنگاه مسلط و فرینج با یکدیگر وارد یک بازی استکلبرگ

می‌شوند. از این‌رو، این بازی یک بازی دو مرحله‌ای است که در مرحلهٔ نخست، بنگاه مسلط قیمت را تعیین نموده و در مرحله دوم، فرینج بر اساس قیمت تعیین‌شده توسط بنگاه مسلط، مقدار تولید و فعالیت‌های اکتشافی خود را با توجه به تابع هدف به‌دست می‌آورد. بازی به روش حلقه‌باز و به صورت بازگشتی یا روبه‌عقب[1] حل می‌شود. بنابراین، برای شروع حل، ابتدا مسئلهٔ فرینج با داده درنظرگرفتن قیمت بنگاه مسلط حل شده و سپس سطوح تعادلی قیمت و در نتیجه، تولید بنگاه مسلط استخراج می‌شود.

مسئله فرینج

معادلهٔ همیلتونین[2] بنگاه فرینج با توجه به تابع سود و محدودیت منابعی که با آن مواجه است، عبارت است از:

$$H_f = \pi_f + \lambda_f(\dot{x}) = pq_f - \frac{1}{2x}C_f q_f^2 - \frac{1}{2}be^2 + \lambda_f(-q_f + ev). \qquad (۸)$$

که در آن λ_f متغیر هم‌وضعیت[3] مربوط به معادلهٔ محدودیت فرینج یعنی معادله (۳) است.

برای تعیین مقدار پایای متغیرها مبتنی بر اصل بیشینه‌سازی پنتریاگین[4]، باید مشتق مرتبه اول[5]، معادله‌های الحاقی[6]، و شرایط تراگردی[7] مربوط به هر متغیر محاسبه شود که به تفکیک متغیرهای کنترلی، در ادامه به شرح هریک از این مراحل پرداخته می‌شود.

ابتدا با استفاده از شرط مشتق مرتبه اول، برای متغیر کنترلی e مقدار λ_f را از معادله به‌دست آورده می‌شود:

$$\frac{\mathrm{d}H_f}{\mathrm{de}} = 0 \Rightarrow \lambda_f = \frac{be}{v}. \qquad (۹)$$

معادلهٔ الحاقی مربوط به آن، نوشته و از رابطه (۹) در آن جای‌گذاری می‌شود:

$$\dot{\lambda}_f = r\lambda_f - \frac{\mathrm{d}H_f}{\mathrm{dx}} \Rightarrow \dot{\lambda}_f = r\lambda_f + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right) = r\left(\frac{be}{v}\right) + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right). \qquad (۱۰)$$

از معادله (۹) نسبت به زمان مشتق گرفته، را به‌دست آورده و در رابطه (۱۰) جای‌گذاری می‌شود:

1. Backward Induction
2. Hamiltonian
3. Co-state
4. Pontryagin`s Maximum Principle
5. First Order Condition
6. Adjoin Equations
7. Transversality Condition

$$b\frac{\dot{e}}{v} = r\left(\frac{be}{v}\right) + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right), \quad (۱۱)$$

سپس از رابطه (۱۱)، $\dot{e}$ یا همان مسیر اکتشاف منابع در فرینج به‌دست می‌آید:

$$\dot{e} = er - \frac{C_f q_f^2 v}{2bx^2} \quad (۱۲)$$

در مرحلهٔ بعد، این اقدام‌ها برای متغیر دوم کنترلی فرینج، یعنی q_f انجام می‌شود.

یعنی شرط مرتبه اول را برای متغیر کنترلی q_f به‌دست آورده و از آن λ_f استخراج می‌شود:

$$\frac{dH_f}{dq_f} = 0 \Rightarrow \lambda_f = \mathrm{p} - \frac{C_f q_f}{x}. \quad (۱۳)$$

معادله الحاقی مربوط به آن را نوشته و λ_f به‌دست آمده از رابطه (۱۳) در آن جای‌گذاری می‌گردد:

$$\dot{\lambda}_f = r\lambda_f - \frac{dH_f}{dx} \Rightarrow \dot{\lambda}_f = r\lambda_f + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right) = r(\mathrm{p} - \frac{C_f q_f}{x}) + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right). \quad (۱۴)$$

از λ_f به‌دست‌آمده از معادله (۱۳) نسبت به زمان مشتق گرفته و در معادله (۱۴) قرار داده می‌شود:

$$\dot{p} - \frac{C_f \dot{q}_f x - C_f q_f \dot{x}}{x^2} = r\left(\mathrm{p} - \frac{C_f q_f}{x}\right) + \left(\frac{C_f q_f^2}{2x^2}\right). \quad (۱۵)$$

و از آن $\dot{q}_f$ (مسیر استخراج فرینج) را استخراج کرده که به صورت رابطه (۱۶) است:

$$\dot{q}_f = rq_f + \frac{q_f(-3q_f + 4ev)}{2x} + \frac{(\dot{p} - rp)x}{C_f}. \quad (۱۶)$$

شرایط تراگردی مربوط به مسئلهٔ فرینج به صورت $\lim_{t\to\infty} \lambda_f(t)x(t) = 0$ است.

پس از به‌دست آوردن معادله‌های پویای متغیرهای کنترلی فرینج، در مرحله دوم تمام مراحل انجام‌شده را برای بنگاه مسلط، با توجه به متغیرهای کنترلی و وضعیت آن تکرار کرده و معادله‌های پویای متغیر کنترلی آن به‌دست آورده می‌شود.

مسئله بنگاه مسلط

برای به‌دست آوردن مسیر قیمتی بنگاه مسلط $(\dot{p})$ ابتدا معادله همیلتونین مربوط به بنگاه مسلط نوشته می‌شود که عبارت است از:

$$H_c = \pi_c + \lambda_c(\dot{q}) = p(q - q_f) - \frac{1}{2}c_c(q - q_f)^2 + \lambda_c s(a - p - q). \quad (۱۷)$$

سپس، شرط مرتبه اول را برای متغیر کنترلی آن، یعنی قیمت، به‌دست آورده و از آن، λ_c استخراج می‌شود:

$$\frac{dH_c}{dp} = 0 \Rightarrow \lambda_c = \frac{q - q_f}{s}. \quad (۱۸)$$

معادله الحاقی مربوطه را تشکیل داده و λ_c به‌دست آمده از رابطه (۱۸) در آن جایگزین می‌گردد:

$$\dot{\lambda}_c = r\lambda_c - \frac{dH_c}{dq} \Rightarrow \dot{\lambda}_c = r\left(\frac{q-q_f}{s}\right) - \left(p - c_c(q-q_f) - \lambda_c s\right). \quad (۱۹)$$

از معادله (۱۸) نسبت به زمان مشتق گرفته و در رابطه (۱۹) جایگزین می‌شود:

$$\frac{\dot{q}-\dot{q}_f}{s} = r\left(\frac{q-q_f}{s}\right) - \left(p - c_c(q-q_f) - \lambda_c s\right). \quad (۲۰)$$

سپس $\dot{q}_f$ به‌دست آمده از معادله (۱۶) را در معادله (۲۰) جایگذاری کرده و از آن، به‌دست می‌آید:

$$\dot{p} = \frac{C_f q_f(3q_f - 4ev) - 2C_f(rq + (p + (3+C_c)q - 2a - (1+C_c)q_f)S)x + 2prx^2}{2x^2}. \quad (۲۱)$$

همچنین، شرایط تراگردی $\lim_{t\to\infty} \lambda_c(t)q(t) = 0$ برقرار است.

پس از به‌دست آوردن معادله‌های دیفرانسیلی متغیرها، برای به‌دست آوردن حالت پایدار[1] سیستم، با استفاده از این معادله‌ها، یک دستگاه معادله‌ای تشکیل داده و با صفر قراردادن هریک از معادله‌های سیستم، وضعیت پایدار سیستم و مقدارهای تعادلی بلندمدت متغیرها به‌دست می‌آید.

$$q_f = ev, \quad (۲۲)$$

$$p = a - q, \quad (۲۳)$$

$$e = \frac{2brx^2}{c_f v^3}, \quad (۲۴)$$

$$q = \frac{ac_f s v^2 + 2br(r+s+c_c s)x^2}{c_f(r + (2+c_c)s)v^2}, \quad (۲۵)$$

$$x = \frac{A - c_f v^2 B}{2bB + C}. \qquad x' = -\frac{A + c_f v^2 B}{2bB + C}. \quad (۲۶)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای متغیر x، دو مقدار به‌دست می‌آید. که مقدار دوم، منفی است که برای ذخیرهٔ منبع پذیرش‌پذیر نیست. مقدار نخست، برای مقدارهای پذیرش‌پذیر پارامترها مثبت است. همچنین، در رابطه (۲۶)، مقدارهای A، B و C به ترتیب برابرند با:

$$A = v\sqrt{2abrC(b + c_f C) + Bc_f(v^2 B + C)},$$
$$B = br(r + (2 + c_c)s),$$
$$C = (r + s + c_c s)v^2.$$

1. Steady State

تحلیل تعادل بلندمدت

در این بخش، پس از استخراج تعادل بلندمدت مسئله، به بررسی و تحلیل این تعادل و اثر تغییر پارامترهای مدل بر آن پرداخته می‌شود. به‌طور روشن، به دنبال بررسی اثر تغییر سرعت تطبیق تقاضا s، نرخ بهره r، و اندازهٔ بازار a، بر تعادل بلندمدت خواهیم بود. به این منظور، در ادامه با ثابت درنظرگرفتن سایر پارامترهای مدل، اثر این تغییرها تعیین می‌شود.

در ابتدا، یک‌سری از شرط‌های منطقی، مطابق زیر، برای پارامترها درنظر گرفته می‌شود:

$$\{s > 0, 0 < r < 1, a > c_f > c_c > 0, b > 0, v > 0\}$$

که در آن، s سرعت تطبیق تقاضا و از صفر بزرگ‌تر است و هرچه مقدار آن افزایش یابد، مقدار کوتاه‌مدت تقاضا به تقاضای بلندمدت به‌دست آمده در تعادل نزدیک‌تر می‌شود. r، نرخ بهره است که بین صفر و یک قرار داشته و منفی درنظر گرفته نمی‌شود. a، اندازهٔ بازار یا قیمت چوک[1] است و از هزینهٔ نهایی تولید هردو بنگاه مسلط و فرینج بیشتر است. همچنین، هزینهٔ نهایی تولید بنگاه مسلط از هزینهٔ نهایی فرینج کمتر است. b و v، مبنی‌بر تعریف نمی‌توانند منفی باشند.

اثر تغییر سرعت تطبیق تقاضا بر تعادل بلندمدت

در مدل این پژوهش، پارامتر s نشان‌دهندهٔ این است که تقاضا با چه سرعتی به قیمت واکنش نشان داده و به تقاضای واقعی یا بلندمدت می‌رسد. برای بررسی اثر این متغیر بر تعادل مدل، تغییرهای هریک از متغیرها نسبت به تغییر s و با توجه به شرط‌های منطقی اشاره‌شده برای پارامترها بررسی می‌شود. با محاسبهٔ مشتق متغیر p نسبت به پارامتر s مشاهده می‌شود که علامت مشتق به‌ازای تمامی مقدارها منفی است $(\frac{dp}{ds} < 0)$. یعنی هرچه سرعت تطبیق تقاضا کمتر باشد، قیمت بالاتر خواهد بود. از این‌رو، بنگاه مسلط انگیزهٔ بیشتری برای بالابردن قیمت دارد؛ زیرا، کندبودن سرعت تطبیق تقاضا باعث می‌شود تا تقاضای خروجی نسبت به قیمتی که بالارفته، کاهش کمتری داشته باشد و سود بیشتری نصیب بنگاه مسلط شود.

از سوی دیگر، تغییرهای متغیر تلاش e، نسبت به پارامتر سرعت تطبیق منفی است $(\frac{de}{ds} < 0)$. یعنی کمتربودن سرعت تقاضا، سبب افزایش تلاش بنگاه فرینج برای کشف منابع جدید می‌شود. برای مثال، در بازار اگر نفت شیل به عنوان منابعی درنظر گرفته شود که بنگاه علاوه‌بر منابع نفت متعارف

1. Choke Price

خود دارد، استخراج این نفت زمانی برای بنگاه مقرون‌به‌صرفه است که قیمت به اندازهٔ کافی بالا رود. بنابراین، با کندبودن سرعت تطبیق تقاضا و در نتیجه افزایش قیمت، انگیزهٔ بنگاه فرینج برای کشف منابع جدید بیشتر می‌شود. همان‌گونه که انتظار می‌رود، در اثر تلاش بیشتر برای کشف منابع جدید، مقدار این منابع افزایش می‌یابد. محاسبه‌ها نشان می‌دهد که تغییرهای متغیر x نسبت به پارامتر s، منفی است ($\frac{dx}{ds} < 0$). یعنی کم‌بودن سرعت تطبیق، سبب افزایش قیمت و افزایش انگیزه برای تلاش و در نهایت، افزایش منبع می‌شود.

افزایش مقدار منبع بنگاه فرینج و از سوی دیگر، افزایش قیمت باعث می‌شود تا این بنگاه، مقدار عرضهٔ بیشتری داشته باشد. یعنی اگر تغییرهای متغیر q_f نسبت به پارامتر s مورد بررسی قرار گیرد، مشاهده می‌شود که علامت تغییرهای این متغیر نسبت به پارامتر s به‌ازای کلیهٔ مقدارها دارای علامت منفی است ($\frac{dx}{ds} < 0$) و پایین‌بودن سرعت تطبیق سبب افزایش عرضهٔ فرینج می‌شود.

اثر نرخ بهره بر تعادل بلندمدت

به منظور بررسی اثر تغییر نرخ بهره r بر متغیرهای کنترلی و وضعیت مدل در شرایط تعادل بلندمدت و با ثابت‌بودن سایر پارامترها و شرط‌های اشاره‌شده برای آن‌ها، مشتق این متغیرها در نقطهٔ تعادل نسبت به تغییر نرخ بهره مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد. در این پژوهش، فرض می‌شود که فناوری تغییر نمی‌کند و هزینهٔ نهایی تولید بنگاه مسلط در مقابل قیمت ناچیز است. بنابراین مبتنی بر محاسبه‌ها، قیمت با افزایش نرخ بهره، افزایش یافته ($\frac{dp}{dr} > 0$) که این امر بیان‌گر قاعدهٔ هتلینگ است. مبتنی بر قاعده هتلینگ، تولیدکننده همواره با درنظرگرفتن نرخ رشد قیمت بازاری منبع و مقایسهٔ آن با نرخ بهره، به تولید و استخراج از یک منبع پایان‌پذیر می‌پردازد. لازم به اشاره است که با تغییر شرایط و سایر پارامترها ممکن است که قاعده هتلینگ تایید نشود؛ ولی در این پژوهش، سایر شرایط ثابت درنظر گرفته شده و تنها تغییر نرخ بهره مدنظر قرار داده می‌شود. با افزایش نرخ بهره، بنگاه نزدیک‌بین[1] شده و به قصد کسب سود بیشتر در کوتاه‌مدت، ترجیح می‌دهد تا منابع بیشتری را طی دوره‌های نخستین، استخراج و عرضه نموده و درآمدها را کمتر به آینده واگذار کند. از این‌رو، با افزایش نرخ بهره و برداشت بیشتر منبع در دوره‌های نخستین، مقدار منبع در نقطهٔ تعادل بلندمدت کاهش می‌یابد ($\frac{dx}{dr} <0$). با کاهش میزان منابع مقدار عرضهٔ کل در این نقطه کاهش می‌یابد ($\frac{dq}{dr} < 0$).

انتظار می‌رود که بالارفتن نرخ بهره و افزایش قیمت‌ها، منجر به انگیزه‌ای برای تلاش بیشتر و

1. Myopic

کشف منابع جدید شود، اما از سوی دیگر، بالابودن نرخ بهره در طول دوره سبب کاهش مقدار منبع می‌شود. بنابر رابطهٔ تلاش در نقطه تعادل پایدار ($e = \frac{2brx^2}{c_f v^3}$)، مقدار تلاش، برآیندی از مقدار منبع و نرخ بهره است. از آنجا که با افزایش نرخ بهره، مقدار منبع در تعادل کاهش می‌یابد، به دلیل بزرگ‌تر بودن اثر ذخایر، افزایش نرخ بهره با ثابت درنظرگرفتن سایر پارامترها باعث کاهش متغیر تلاش در نقطه تعادل می‌شود ($\frac{de}{dr} < 0$) است. همچنین، با بالارفتن نرخ بهره و پایین‌آمدن مقدار تلاش و ذخیرهٔ منبع در نقطه تعادل پایدار، مقدار عرضهٔ فرینج کاهش می‌یابد ($\frac{dq_f}{dr} < 0$).

اثر تغییر اندازه بازار بر تعادل بلندمدت

از آنجا که افزایش اندازهٔ بازار a، انگیزه را برای رقابت و عرضهٔ محصول بیشتر فراهم می‌کند، افزایش این پارامتر باعث افزایش عرضه در صنعت می‌شود ($\frac{dq}{da} > 0, \frac{dq_f}{da} > 0$). افزایش عرضهٔ فرینج باعث ایجاد انگیزه برای کشف منابع بیشتر شده و همان‌گونه که محاسبه‌ها نشان می‌دهد، تغییرهای متغیر تلاش نسبت به پارامتر اندازه بازار، مثبت است ($\frac{de}{da} > 0$). با افزایش تلاش، میزان ذخیرهٔ منبع که برآیندی از مقدار عرضهٔ فرینج و تلاش آن است، افزایش می‌یابد ($\frac{dx}{da} > 0$). از سوی دیگر، افزایش ذخایر باعث تقویت عرضه در بلندمدت می‌گردد. از طرفی، با افزایش اندازهٔ بازار، مقدار عرضهٔ کل و در نتیجه، عرضهٔ بنگاه مسلط بیشتر شده و از آنجا که قیمت، متغیر کنترلی بنگاه مسلط است، با افزایش عرضه و مبنی بر قانون تقاضا، قیمت کاهش می‌یابد ($\frac{dp}{da} < 0$).

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، برای به‌دست آوردن تعادل و بررسی بازار یک منبع تجدیدناپذیر که ذخایر آن به‌طور غیریکنواخت در مناطق مختلف وجود دارد، مدلی درنظر گرفته می‌شود که در آن، کشورهای عرضه‌کننده منبع، در دو گروه بنگاه مسلط و فرینج قرار می‌گیرند. هر دو گروه، کالای یکسان و همگنی را تولید نموده، اما از لحاظ مقدار منابع در دسترس و هزینهٔ استخراج با یکدیگر متفاوت هستند. بنگاه مسلط، دارای مقدار ذخایر بیشتر و هزینهٔ استخراج کمتری است (در دنیای واقعی، بازار نفت این‌گونه عمل می‌کند و کارتل اوپک عرضه‌کننده مسلط بازار نفت است) و در مقابل، فرینج هزینهٔ استخراج بالاتری داشته و با محدودیت منابع مواجه است (استخراج نفت شیل، شرایطی این‌چنینی دارد). از این‌رو، چنان‌چه قیمت منبع به اندازهٔ کافی بالا رود و استخراج منابع برای فرینج توجیه‌پذیر شود، برای افزایش مقدار منابع خود دست به یک‌سری از اقدام‌های اکتشافی می‌زند که البته، هزینه‌بر

بوده و بر تابع سود فرینج اثرگذار است. کارتل بر بازار مسلط بوده و تعیین‌کنندهٔ قیمت است و فرینج با توجه به مقدار قیمت تعیین‌شده، مقدار عرضه و تلاش خود را مشخص می‌کند.

در این پژوهش، فرض می‌شود که تقاضای بازار کند است و بنگاه مسلط در تعیین مقدار قیمت، این ویژگی را مدنظر قرار می‌دهد. بنابراین، مقدار تقاضای بازار و منبع فرینج در طول زمان تغییر می‌کنند و از این‌رو، رقابت بین دو گروه بنگاه مسلط و فرینج به صورت یک بازی پویا استکلبرگ مدل‌سازی می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که هرچه سرعت تطبیق تقاضا کمتر باشد، قیمت افزایش یافته و با افزایش قیمت، استخراج برای فرینج توجیه‌پذیر شده و تلاش وی برای کشف منابع جدید افزایش می‌یابد. البته این امر مشابه اتفاقی است که در مورد نفت شیل مشاهده می‌شود. به دنبال آن، مقدار ذخایر و عرضهٔ فرینج افزایش پیدا می‌کند. از سوی دیگر، افزایش نرخ بهره، سبب نزدیک‌بین شدن بنگاه‌ها و در نتیجه، کاهش مقدار بلندمدت ذخیرهٔ منابع می‌شود که کاهش عرضهٔ بلندمدت بنگاه مسلط و فرینج را در پی خواهد داشت. در مقابل، افزایش اندازهٔ بازار سبب افزایش ذخایر فرینج در بلندمدت و همچنین، افزایش مقدار عرضهٔ دو بنگاه و در نتیجه، کاهش قیمت می‌شود.

منابع

الف) انگلیسی

Benchekroun, H., & Withagen, C. (2012). On Price Taking Behavior in a Nonrenewable Resource Cartel–Fringe Game. *Games and Economic Behavior*, 76(2): pp.355-374.

Benchekroun, H.; Halsema, A., & Withagen, C. (2009). On Nonrenewable Resource Oligopolies: The Asymmetric Case. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(11): pp.1867-1879.

Benchekroun, H.; Halsema, A., & Withagen, C. (2010). When Additional Resource Stocks Reduce Welfare. *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(1): pp.109-114.

Gilbert, R. J. (1978). Dominant Firm Pricing Policy in a Market for an Exhaustible Resource. *The Bell Journal of Economics*, 9(2): pp.385-395.

Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2): pp.137-175.

Lambertini, L. (2014). *Exploration for Nonrenewable Resources in a Dynamic Oligopoly: An Arrovian Result*. International Game Theory Review, Quaderni, Working Paper DSE, No. 859.

Pindyck, R. S. (1978). The Optimal Exploration and Production of Nonrenewable Resources. *Journal of Political Economy*, 86(5): pp.841-861.

Salant, S. W. (1976). Exhaustible Resources and Industrial Structure: A Nash-Cournot Approach to the World Oil Market. *Journal of Political Economy*, 84(5): pp.1079-1093.

Salant, S. W. (1982). Imperfect Competition in the International Energy Market: a Computerized Nash-Cournot Model. *Operations Research*, 30(2): pp.252-280.
Gilbert, R. (1976). *Search Strategies for Nonrenewable Resource Deposits*. Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences, Stanford University.
Ulph, A. M., & Folie, G. (1980). Exhaustible Resources and Cartels: An Intertemporal Nash-Cournot Model. *Canadian Journal of Economics*, 13(4): pp.645-658.
Wirl, F. (1990). Dynamic Demand and Optimal OPEC Pricing: an Empirical Investigation. *Energy Economics*, 12(3): pp.174-176.
Wirl, F. (2010). Dynamic Demand and Noncompetitive Intertemporal Output Adjustments. *International Journal of Industrial Organization*, 28(3): pp.220-229.
Wirl, F. (2015). Output Adjusting Cartels Facing Dynamic, Convex Demand under Uncertainty: The Case of OPEC. *Economic Modelling*, 44(1), 307-316.
Yang, Z. (2013). Is the Leading Role Desirable?: A Simulation Analysis of the Stackelberg Behavior in World Petroleum Market. *Computational Economics*, 42(1): pp.133-150.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

The Journal of PLANNING & BUDGETING
Indexed In ISC | Vol. 22 | No. 3 | Autumn 2017 | PP 45-60 | ISSN: 2251-9092

The Cartel-Fringe Equilibrium with Sluggish Demand

Mehrnaz Loloei[1] | m.loloei@yahoo.com
Mehdi Fadaee[2] | m.fadaee@imps.ac.ir

Abstract The demand for some products, such as energy, does not instantaneously respond to price changes. In fact, sluggishness of the demand is an important characteristic of energy and oil markets. This study examines the effect of demand sluggishness on the price and output of a fossil fuel industry in which a cartel and a fringe firm supply in the market. The cartel has larger reserves and less costly extraction compared to what the fringe encounters. The strategic interactions between suppliers is characterized as a dynamic Stackelberg model, and the results demonstrate that supply and exploration investment increase with the sluggishness of the demand. Furthermore, it is shown that by the increase of interest rate, firms become myopic and their reserves and long-run supply decrease. On the contrary, reserves and long-run supply increase with the market size, leading to decreasing prices.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Keywords: Nonrenewable Resources, Cartel, Fringe, Sluggish Demand, Explorations, Dynamic Games.

JEL Classification: C72, L13, Q31.

1. M.A. in Socioeconomic Systems Engineering, Institute for Management and Planning Studies.
2. Assistant Professor of Economics, Institute for Management and Planning Studies (Corresponding Author).