

مدل سازی راهبردهای زنجیره‌ی تأمین صنعت سبز با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها با تصمیم‌سازی دولت؛ مدل ۳ بازیکن

علیرضا سپاهی جاوشلو (کارشناسی ارشد)

علیرضا ارشادی خمسه* (دانشیار)

بهمن نادری (دانشیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، تابستان ۱۳۹۸
دوری ۱-۳۵، شماره ۱/۲، ص ۱۵-۲۴

در این مطالعه، یک مدل جدید بازی پویا در زمینه‌ی راهبردهای ۳ بازیکن اصلی (دولت، تولیدکننده و مشتری) با هدف حرکت در مسیر زنجیره‌ی تأمین سبز با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها ارائه شده است. برای کاراتر کردن مدل، متغیرهای تصمیم‌گیری و تابع پیامد بازیکنان به شکل کاربردی‌تری فرمول‌بندی شده‌اند و نتایج متفاوت تابع پیامد بازیکنان و تأثیر آن بر انتخاب راهبردهای آنان تحلیل شده است. برای تعیین بهینه‌ترین ترکیب راهبرد با هدف بهینه کردن تابع پیامد بازیکنان، روش حل مسئله با استفاده از روش تعادل نش ارائه شده است. در ادامه و به منظور آزمایش مدل، یک تحلیل عددی ارائه شده است که نتایج آن نشان می‌دهد در این مدل جدید، با توجه به ترکیب متفاوت راهبردها و پارامترها تابع پیامد بازیکنان نسبت به مدل‌های قبلی اقتصادی‌تر می‌شود.

alireza.sepahi.ch@gmail.com
ar_arshadi@khu.ac.ir
bahman_naderi62@yahoo.com

واژگان کلیدی: نظریه‌ی بازی‌ها، تعادل نش، زنجیره‌ی تأمین سبز، دولت.

۱. مقدمه

است تقاضا برای مصرف کالاها به شکل باور نکردنی افزایش یابد و موجب کاهش منابع یا آسیب‌های جدی متفاوت به محیط زیست شود. قطعاً چنانچه دیدگاه‌ها و نظریه‌های موجود در زمینه‌ی زنجیره‌ی تأمین نتوانند برای این شرایط (که بسیار مهم و اساسی‌اند) راه حل بنیادین را پیدا کنند، تداوم آنها با خطر بسیار جدی مواجه خواهد بود. به همین دلیل و به ویژه در دو دهه‌ی اخیر، رویکرد نوینی با عنوان زنجیره‌ی تأمین سبز مطرح شده است که هدف اصلی آن ایجاد تعامل مثبت و پایدار میان سودمندی‌های اقتصادی - تجاری و عملکرد محیط زیستی در طولانی مدت است. این رویکرد شرایط مناسبی را فراهم می‌آورد تا ضمن حفظ سودهای تجاری، تأثیرات منفی محیط زیستی در طول زنجیره‌ی تأمین کاهش یابد و روند تجاری زنجیره‌ی تأمین، پایدار و با تداوم بماند و البته مشتریان نهایی این زنجیره و کل جامعه نیز از آسیب‌های محیط زیستی فعلی و آتی مصون بمانند. در سال‌های اخیر تحقیقات علمی متفاوتی در خصوص رویکرد زنجیره‌ی تأمین سبز انجام گرفته است تا بتواند در دیدگاه‌ها و نظریه‌های قبلی زنجیره‌ی تأمین (که به تازگی از آنها به عنوان دیدگاه‌های سنتی یاد می‌شود) رسوخ مناسبی داشته باشد که البته با توجه به عمر کوتاه این پژوهش‌ها، فقط در برخی کشورهای توسعه‌یافته تأثیرات مثبت نسبی داشته است. همچنین بیشتر تحقیقات انجام‌گرفته در این زمینه بیشتر تلاش کرده‌اند تا این رویکرد را در ابعاد کلی و کلان معرفی و تشریح کنند و طبیعتاً در تعداد کمی از آنها روش‌ها و نظریه‌ها و الگوهای مختلف علوم ریاضی و مهندسی به کار گرفته شده است و به عبارت دیگر هنوز مرزهای دانش در این زمینه با شتاب زیادی در

به‌طور کلی موضوعات مرتبط با زنجیره‌ی تأمین، نزدیک به ۴۰ سال است که به‌صورت جدی مورد توجه تحقیقات علمی مختلف قرار گرفته است و البته کلیه‌ی عوامل اصلی و فرعی درگیر در این زنجیره از نتایج مفید این تحقیقات برای تحقق اهداف و پیش‌برد برنامه‌ها و فعالیت‌های مرتبط با محدوده‌ی خود بهره‌برده‌اند. این تحقیقات دیدگاه‌ها، نظریه‌ها و الگوهای متفاوتی را در زمینه‌های مختلفی همچون انتخاب و تأمین مواد، تولید، حمل‌ونقل، شبکه‌های توزیع و ... و همچنین ارتباط و همکاری‌های میان تولیدکنندگان، عمده‌فروشان، خرده‌فروشان، مشتریان، ارگان‌های دولتی و حتی عوامل فرعی که به نوعی در این زنجیره مؤثر هستند، ارائه می‌کنند که عموماً در کشورهای توسعه‌یافته، برخی از این الگوها که تحقیقات مفصلی بر روی آنها انجام شده است، به عنوان راهنما و استانداردهای پایه پذیرفته شده‌اند. اما تضمین تداوم اجرای هر نظریه یا الگویی در طولانی مدت، نیازمند تکامل و بهینه کردن آن در طول زمان متناسب با شرایط مختلف است؛ نظریه‌های مختلف در خصوص زنجیره‌ی تأمین نیز از این قاعده مستثنی نیستند و برای ادامه‌ی حیات خود در طولانی مدت نیاز به تکامل پیش‌رونده در دیدگاه‌های آن است. یکی از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه در این زمینه، افزایش چشم‌گیر سرعت در توسعه‌ی تجاری است که استفاده از دیدگاه‌ها و الگوهای قبلی موجود در این زمینه موجب شده

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۶/۲/۲، اصلاحیه ۱۳۹۶/۹/۲۵، پذیرش ۱۳۹۶/۱۰/۵

DOI:10.24200/J65.2019.7149.1726

حال گسترش است. پس از این‌که رویکرد زنجیره‌ی تأمین سبز توانست با استفاده از تحقیقات علمی سال‌های ابتدایی جایگاه مناسبی در دیدگاه‌های راهبردی تجاری - صنعتی پیدا کند، در چند سال اخیر بیشتر تلاش شده تا در تحقیقات علمی مربوط به جزئیات بیشتری پرداخته شود و با استفاده از روش‌ها و ترکیب علوم مختلف ریاضی و مهندسی و مدیریتی نظریه‌ها و الگوهای تحلیلی و اجرایی مناسبی ارائه شود تا پیوند میان این تحقیقات علمی و صنایع تجاری حالت کاربردی‌تری به خود بگیرد.

این مطالعه در ادامه‌ی ارائه‌ی نظریه‌ها و الگوهای کاربردی جدید در خصوص موضوع، با استفاده از نظریه‌های مناسب ریاضی - مهندسی، یک مدل تحلیلی جدید و مؤثر در زمینه‌ی تصمیمات راهبردی مرتبط با زنجیره‌ی سبز ارائه کرده است.

۲. مرور پژوهش‌های پیشین

مدیریت زنجیره‌ی تأمین کمی قبل‌تر از سال ۱۹۸۰ مورد توجه پژوهشگران و تحقیقات دانشگاهی و علمی قرار گرفت. موضوعاتی در زمینه‌ی برنامه‌ریزی و کنترل کاربردی مرتبط با انتخاب و خرید مواد اولیه، تولید، حمل‌ونقل، فروش، توزیع و ... در این تحقیقات همواره مورد بحث و مطالعه قرار گرفته است. همچنین همکاری‌های تجاری میان تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مشتریان از دیگر موضوعات مهم بوده است که در این تحقیقات مورد توجه قرار گرفته است.^[۱-۴] با توجه به شدت مصرف منابع و آلودگی‌های زیست‌محیطی در سال‌های اخیر و به دلیل توسعه‌های تجاری و افزایش تقاضا، موضوع زنجیره‌ی تأمین سبز یک پاسخ مناسب است به این چالش که چگونه عملکرد محیط زیستی و منفعت‌های اقتصادی بلندمدت را بهبود بخشد.^[۵] مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز می‌تواند به صورت مجموعه‌ی از قوانین و اقدامات در زنجیره‌ی تأمین تعریف شود که برای کمیته‌سازی تأثیرات منفی محیط زیستی از تأمین‌کنندگان مواد تا مصرف‌کنندگان نهایی مورد استفاده قرار گیرد.^[۶] همچنین زنجیره‌ی تأمین سبز از طریق افزایش منفعت‌های اقتصادی بلندمدت همراه با کاهش تأثیرات منفی زیست‌محیطی راهبرد برد - برد محسوب می‌شود.^[۷-۸] مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز یکپارچه‌کننده‌ی مدیریت زنجیره‌ی تأمین با الزامات زیست‌محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف مدیریت بازاریافت و مصرف مجدد - به‌منظور پیشینه‌کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره‌ی تأمین - است. مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز به ویژه بر روی تولیدکنندگان تأثیرات مهمی می‌گذارد که از جمله می‌توان افزایش فرصت‌ها و چالش‌های توسعه‌ی محصولات سبز، ارتقای نوآوری محصولات و ... را مثال زد.^[۹] یکپارچه‌سازی فناوری پاک در فرایندهای زنجیره‌ی تأمین یکی از ملاحظات مهم زیست‌محیطی برای کاهش آلودگی صنایع است.^[۱۰] یکی از مطالعات قبلی نشان می‌دهد که چگونه مدل چرخه‌ی حیات انتشارات کربنی می‌تواند کمک مهمی برای انتخاب محصول توسط مشتریان و همچنین یک ابزار ارسال سیگنال محیط زیستی برای سازندگان باشد.^[۱۱]

نظریه‌ی بازی‌های^۱ غالباً در مسئله‌های زنجیره‌ی تأمین بین چند عامل اصلی (دولت، تولیدکننده و ...) به عنوان یک ابزار مهم دیده می‌شود. به ویژه زمانی که میان اهداف بازیکنان تعارض وجود داشته باشد، به‌منظور کمک به تصمیم‌گیرندگان برای بالاتر بردن همکاری‌های مؤثر میان آنها از این ابزار استفاده مناسبی می‌شود.^[۱۲] نظریه‌ی بازی‌های کاربردی به‌ویژه در هماهنگی، ثبات اقتصادی و اثربخشی زنجیره‌ی

تأمین بسیار زیاد مورد بحث، بررسی، کار و مورد مطالعه قرار گرفته است.^[۱۳-۱۶] در سال ۲۰۰۷ یک مدل تکاملی نظریه‌ی بازی‌ها برای تحقیق در این زمینه که جریمه‌ها و پاداش‌های دولتی چگونه می‌توانند بر عملکرد زیست‌محیطی شرکت‌ها تأثیرگذار باشند، ارائه شد. در این مطالعه پیشنهاد شد که دولت‌ها باید از طریق جریمه‌ها و پاداش‌ها بر روی اجرای قوانین زیست‌محیطی توسط شرکت‌ها تأثیرگذار باشند.^[۱۷] همچنین یک مطالعه در سال ۲۰۰۹ انجام شد که در آن مدل بازی‌های متفاوتی برای طراحی راهبردهای قیمت‌گذاری مرتبط با قوانین زیست‌محیطی ارائه شد.^[۱۸]

در سال ۲۰۱۱ یک مدل بازی چانه‌زنی غیرمستقارن برای جستجوی راهکارهای مذاکره‌ی میان تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان لجستیک معکوس تحت قوانین مالی دولتی ارائه شد تا از طریق آن قدرت چانه‌زنی اعضای زنجیره‌ی تأمین به شکل کاملاً مناسبی افزایش یابد.^[۱۹] در سال ۲۰۱۲ نیز یک مدل تکاملی بازی پویا برای بررسی هماهنگی راهبردی بالقوه میان تولیدکننده و خرده‌فروشان به‌وسیله پیشینه‌سازی منفعت‌های اقتصادی، زمانی‌که اقدامات صنعت سبز^۲ برای ایجاد شرایط برد - برد میان محیط زیست و منفعت‌های بلندمدت اقتصادی در زنجیره‌ی تأمین سبز ایجاد می‌کند، ارائه شد.^[۲۰] در یک مطالعه‌ی دیگر نیز یک مدل بازی‌های انحصاری برای صنعت مد ارائه شد که طی آن نشان‌های تجاری مختلف در این صنعت در زمینه‌ی رابطه میان پیشینه‌سازی سود و کمیته‌سازی انتشارات کربنی مورد مطالعه قرار گرفتند.^[۲۱] اما در همین سال، یک مدل بازی با ۲ بازیکن (تولیدکننده و دولت) ارائه شد که در آن حالات مختلف راهبردی میان این ۲ بازیکن به‌صورت کاملاً کلی و به‌صورت پایه برای انتخاب راهبردهای صنعت سبز مورد تحلیل قرار گرفت. در این مدل محرک‌های تولیدکننده برای تغییر روش‌های تولید سنتی به‌صورت مستقل و با وارد شدن تصمیمات جریمه‌ی و تشویقی دولت با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.^[۲۲] در سال ۲۰۱۴ نیز یک مدل بازی تکاملی با ترکیب سیستم پویا در زمینه‌ی زنجیره‌ی تأمین سبز برای تولیدکنندگان چینی ارائه شد که این مدل تأثیر پاداش‌های دولتی بر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در عملکرد مثبت زنجیره‌ی تأمین سبز را بررسی و تحلیل می‌کند.^[۲۳] در سال ۲۰۱۵ یک مدل بازی در زمینه‌ی صنعت سبز ارائه شد که تمرکز آن بر تأثیر تعرفه‌های دولت بر راهبردهای مطلوب بازیکنان و تضمین بازار رقابتی پایدار است.^[۲۴] در سال ۲۰۱۶ یک مدل بازی که به‌طور هم‌زمان اثرات طراحی خط تولید، انتخاب تأمین‌کننده، انتخاب حالت حمل‌ونقل و راهبردهای قیمت‌گذاری را بر سود و انتشار گازهای گلخانه‌ی بررسی می‌کند، ارائه شده است.^[۲۵] در سال ۲۰۱۷ نیز یک مدل بازی با حضور دو بازیکن (تولیدکننده و خرده‌فروشان) ارائه شد که در آن سیاست‌های قیمت‌گذاری با توجه به تبلیغات هدفمند و تأثیر آن بر توسعه‌ی زنجیره‌ی تأمین سبز مطالعه شده است.^[۲۶]

چند پژوهش اخیر از موارد مهمی بوده است که با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها، مدل‌های کلی را در زمینه‌ی زنجیره‌ی سبز ارائه کرده‌اند که البته بیشتر موارد، مدل با ۲ بازیکن بوده و یک رویکرد پایه و ساده برای فراهم‌آوری شرایط مطالعات بعدی ارائه شده است. همان‌طور که بیان شد، در مدل مورد نظر این پژوهش علاوه بر این‌که مدل بر اساس ۳ بازیکن اصلی زنجیره است و ترکیب بازی‌ها را کاملاً متفاوت‌تر از مطالعات قبلی می‌کند، بازی‌ها و راهبردهای بیشتر و همچنین پارامترهای مؤثر و متنوع‌تری را در تابع پیامد بازیکنان^۳ مد نظر قرار می‌دهد و با ارائه‌ی روش حل مسئله، به سوی یک مدل نظریه کاربردی اثربخش گام برمی‌دارد. در ادامه، در بخش سوم مدل‌سازی مسئله (بازی‌ها)، تحلیل توابع پیامد و راهبردها و روش حل مسئله، در بخش چهارم تحلیل عددی و در بخش پنجم جمع‌بندی و پیشنهاد برای مطالعات آتی ارائه شده است.

۳. مدل سازی مسئله

۳.۱. مدل عمومی زنجیره‌ی تأمین سبز

با توجه به شکل ۱، [۱۶] حرکت در مسیر صنعت سبز دارای ۳ ناحیه اصلی به شرح ذیل است:

ناحیه‌ی غیرمجاز: ناحیه‌ی که صنعت به لحاظ رعایت الزامات زنجیره‌ی تأمین سبز در وضعیت غیرمجاز قرار دارد.
 ناحیه‌ی مجاز: ناحیه‌ی که صنعت به لحاظ رعایت الزامات زنجیره‌ی تأمین سبز حداقل الزامات را پوشش می‌دهد و در وضعیت مجاز قرار دارد.
 ناحیه‌ی قابل قبول: ناحیه‌ی که صنعت به لحاظ رعایت الزامات زنجیره‌ی تأمین سبز در وضعیت قابل قبول قرار دارد.

تعریف هر یک از این نواحی برای هر کشور، هر صنعت از آن کشور و هر کارخانه‌ی تولیدکننده با توجه به نوع اهداف محیط زیستی یا تعهدات بین‌المللی آن کشور در زمینه‌ی تولید آلاینده‌های محیط زیستی (مثلاً گازهای گلخانه‌ای) و همچنین مصرف منابع طبیعی و تولید زباله متفاوت خواهد بود.

هدف زنجیره‌ی تأمین سبز، حرکت صنایع از ناحیه‌ی غیرمجاز به نواحی مجاز و قابل قبول است که فرمول‌بندی و تحلیل این مسئله در بخش‌های بعدی ارائه خواهد شد.

از آنجا که این پژوهش ۳ بازیکن اصلی زنجیره‌ی تأمین (دولت، تولیدکننده و مشتریان) را هدف قرار داده است، چنانچه بخواهیم یک مدل عمومی از تغییر رویکرد این ۳ بازیکن از زنجیره‌ی تأمین سنتی به سوی زنجیره‌ی تأمین سبز ارائه دهیم، بر اساس شکل ۲ خواهیم داشت. حرکت هر یک از عناصر بازی از سطح غیرمجاز به ۲ سطح دیگر (مجاز و قابل قبول) اختلاف درآمد (∂I) و اختلاف هزینه (∂C) را نسبت به وضعیت فعلی برای هر یک از آنها به همراه خواهد داشت که بر حسب شرایط می‌تواند هر یک برآیند مثبت یا منفی را موجب شود. اما نکته‌ی

اساسی این جاست که در تابع سود (پیامد) هر بازیکن باید پارامترهای درست درآمد و هزینه را به صورت منطقی شناسایی و در محاسبات به کار برد. مثلاً تابع سود تولیدکننده در حالت سنتی به شکل زیر خواهد بود:

$$PF = I_S - C_P \quad (1)$$

که در آن I_S درآمد حاصل از فروش محصولات و C_P هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم تولید محصولات است.

اما قطعاً تابع سود تولیدکننده با رویکرد زنجیره‌ی تأمین سبز متفاوت از رابطه‌ی ۱ خواهد بود. در رویکرد زنجیره‌ی تأمین سبز تابع سود تولیدکننده به صورت زیر تعریف خواهد شد:

$$PF' = PF - C_g \quad (2)$$

که در آن C_g هزینه‌های تأثیر منفی محیط‌زیستی (جریمه‌ها، هزینه‌های سلامت و بهداشت، مصرف منابع، خطرات شغلی و ...) به دلیل استفاده از فناوری سنتی است.

چنانچه تولیدکننده تصمیم به تغییر فناوری داشته باشد، طبق شکل ۲ می‌تواند برآیند درآمد و هزینه‌ی جدیدی را به تابع خود اضافه کند که در صورت مثبت بودن آن قطعاً محرک مناسبی برای تصمیم‌گیری تولیدکننده برای تغییر فناوری خواهد بود. در این حالت و در ۲ حالت تغییر از سطح غیرمجاز به سطح مجاز و تغییر از سطح غیرمجاز به سطح قابل قبول خواهیم داشت:

$$PF'_1 = PF - C_g + \partial I_1 - \partial C_1$$

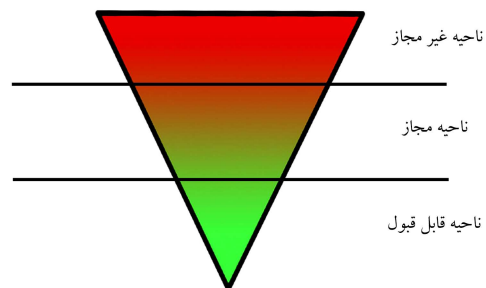
$$PF'_2 = PF - C_g + \partial I_2 - \partial C_2 \quad (3)$$

۳.۲. تعریف مسئله

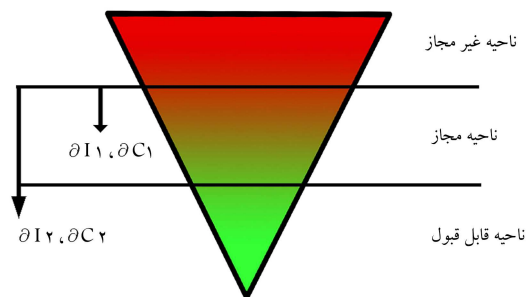
در این مطالعه، مسئله‌ی تغییر صنعت از حالت سنتی به سمت صنعت سبز با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها مدل سازی می‌شود. در این حالت بازیکنان این مدل ۳ عضو اصلی زنجیره‌ی تأمین یعنی دولت، تولیدکننده و مشتری خواهند بود و متغیرهای تصمیم‌گیری برای هر یک از بازیکنان شامل راهبردهای متفاوت آنان در مواجهه با این تغییر خواهد بود. به طور کلی راهبردهای دولت می‌تواند با رویکرد جریمه یا تشویق، تولیدکننده با رویکرد تغییر یا عدم تغییر و مشتری با رویکرد واکنش مثبت و منفی به محصولات جدید بازار همراه باشد.

تابع سود بازیکنان نیز وابسته به متغیرهای تصمیم‌گیری هر یک از آنان است. بدین ترتیب پارامترهای اصلی و تعیین‌کننده در تابع سود بازیکنان رابطه‌ی مستقیم با انتخاب راهبرد به صورت ترکیبی دارد. مثلاً در انتخاب رویکرد جریمه از سوی دولت، هزینه‌های نظارتی پارامتر اصلی خواهد بود و در انتخاب رویکرد تشویقی هزینه‌های یارانه‌ی (تسهیلات) تأثیرگذار است به شرط آنکه تولیدکننده و مشتری رویکرد مثبت به صنعت سبز داشته باشند. این موضوع در خصوص درآمد بازیکنان نیز صدق می‌کند به طوری که انتخاب رویکرد تغییر فناوری از سوی تولیدکننده می‌تواند بر درآمد بلندمدت یا اعتباری دولت تأثیرگذار باشد و چنانچه مشتری واکنش مثبت به این تغییر نشان دهد، بر درآمد خود تولیدکننده نیز مؤثر خواهد بود.

در ادامه تابع سود بازیکنان بر اساس راهبرد انتخابی فرمول‌بندی شده است؛ متغیرهای تصمیم‌گیری به همراه پارامترهای اصلی و مؤثر بر تابع بازیکنان در جدول‌های مستقل ارائه شده و همچنین تعاریف و مفروضاتی برای درک مناسب‌تر پارامترها نیز تشریح شده است.



شکل ۱. مدل عمومی زنجیره‌ی تأمین سبز.



شکل ۲. مدل هزینه‌های تغییر فناوری.

جدول ۱. مجموعه‌ی راهبردهای بازیکنان (S).

دولت (۱)	تولیدکننده (۲)	مشتریان (۳)
۱. انفعال	۱. حفظ فناوری	۱. کاهش تقاضا
۲. جریمه	۲. تغییر فناوری به سطح مجاز	۲. بدون واکنش
۳. تشویق	۳. تغییر فناوری به سطح قابل	۳. افزایش تقاضا

جدول ۲. پارامترهای درآمد بازیکنان (I).

دولت (۱)	تولیدکننده (۲)	مشتریان (۳)
۱. مبالغ جریمه	۱. فروش محصولات	۱. تسهیلات داخلی
۲. تسهیلات خارجی	۲. تسهیلات داخلی	۲. سود توسعه‌ی پایدار
۳. سود توسعه‌ی پایدار	۳. سود توسعه‌ی پایدار	

جدول ۳. پارامترهای درآمد بازیکنان (C).

دولت (۱)	تولیدکننده (۲)	مشتریان (۳)
۱. هزینه نظارت	۱. هزینه تغییر فناوری	۱. هزینه خرید
۲. هزینه تسهیلات	۲. هزینه تولید	۲. هزینه محیط زیست
۳. هزینه محیط زیست	۳. هزینه‌های تشویقی	
۴. هزینه اعتباری	۴. هزینه فناوری تولید	
۵. هزینه بیکاری	۵. هزینه جریمه	

۳.۳. فرمول‌بندی بازی‌ها

تعریف نمادها

N : مجموعه‌ی بازیکنان؛

S : مجموعه‌ی راهبرد بازیکنان؛

P : تابع پیامد (سود) بازیکنان؛

I : درآمد بازیکنان؛

C : هزینه‌ی بازیکنان؛

n : شماره‌ی ترتیب بازیکنان؛

m : شماره‌ی ترتیب راهبرد بازیکنان؛

α : نرخ جریمه‌ی تولیدکننده بر حسب درصد از درآمد فروش محصولات؛

β : نرخ افزایش قیمت محصولات در صورت تغییر فناوری؛

ρ : نرخ تغییر تقاضای مشتریان (افزایش یا علامت مثبت و کاهش یا علامت منفی است)؛

γ : درصد سهم تولیدکننده از بودجه‌ی تشویقی دولت؛

φ : نرخ تغییر هزینه به ازای تغییر نرخ تقاضا؛

ϵ : هزینه‌ی مشتریان در صورت افزایش تقاضا در حالت عدم تغییر فناوری.

مجموعه‌ی بازیکنان شامل دولت (۱)، تولیدکننده (۲) و مشتریان (۳) است که فرم ریاضی مجموعه‌ی بازیکنان و راهبردهای هر یک در روابط ذیل نمایش داده شده‌اند:

$$N = \{1, 2, 3\}$$

$$S_i = \{S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1k}\} \quad i \in N$$

که راهبرد هر یک از بازیکنان مطابق با جدول ۱ خواهد بود:

بر اساس این اطلاعات، تابع پیامد (سود) بازیکنان به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\forall S_{nm}, P_{nm} = \sum_{i=1}^k (I_{ni}) S_{nm} - \sum_{j=1}^l (C_{nj}) S_{nm}$$

$$n = 1, 2, 3$$

$$m = 1, 2, 3$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

$$j = 1, 2, \dots, l$$

(۴)

که در آن موارد زیر برقرار است:

S_{nm} : راهبرد m ام مربوط به بازیکن n ام؛

P_{nm} : سود (پیامد) بازیکن n ام در صورت انتخاب راهبرد m ؛

$(I_{ni})_{S_{nm}}$: درآمد n ام بازیکن با انتخاب راهبرد m ؛

$(C_{nj})_{S_{nm}}$: هزینه‌ی n ام بازیکن با انتخاب راهبرد m .

پارامترهای درآمد و هزینه‌ی بازیکنان مطابق با موارد تشریح شده در جدول‌های

۲ و ۳ است.

تعاریف و مفروضات

— تسهیلات: درآمد حاصل از تسهیلات می‌تواند در قالب استفاده از وام‌ها، اعتبارات جهانی و ... برای دولت و وام‌ها، معافیت مالیاتی و گمرکی، تسهیلات ویژه و ... برای تولیدکننده‌ها و تخفیف‌های ویژه، شرایط خاص پرداخت، خدمات پس از فروش و ... برای مشتریان نهایی باشد.

— سود توسعه‌ی پایدار: پارامتر سود توسعه‌ی پایدار به عنوان یک مؤلفه‌ی درآمد راهبردی بلندمدت تأثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های بازیکنان (به ویژه دولت و تولیدکنندگان) است که باید در توابع سود آنها را در نظر گرفت؛ اما چگونگی محاسبه‌ی آن موضوعی مستقل از مطالعه‌ی این تحقیق است.

— هزینه‌های محیط زیست: شامل هزینه‌های عوارض منفی مصرف منابع یا ریسک‌های ایمنی و بهداشتی حاصل از نوع عملکرد محیط زیستی زنجیره‌ی تأمین است.

— هزینه‌ی بی‌کاری: دولت در صورت اتخاذ تصمیم تغییر فناوری از سوی تولیدکننده، باید هزینه‌های احتمالی حاصل از بی‌کاری به وجود آمده را در تابع پیامد در نظر بگیرد.

— هزینه‌ی تشویقی: هزینه‌هایی که یک بازیکن به صورت تسهیلات برای بازیکنان بعدی در نظر می‌گیرد.

— هزینه‌های فناوری تولید: هزینه‌هایی شامل نگهداری و تعمیرات، مصرف انرژی و ... که به واسطه‌ی نوع فناوری مورد استفاده به هزینه‌های مستقیم تولید اضافه می‌شود.

— هزینه‌های اعتباری: هزینه‌هایی که دولت به واسطه‌ی عدم گام برداشتن مناسب در مسیر توسعه‌ی صنعت سبز از سوی جوامع بین‌المللی و با از دست دادن اعتبارات تجاری در سطح جهانی متحمل آن می‌شود.

با توجه به این‌که مدل مسئله با ۳ بازیکن است و مدل ماتریسی به صورت ۳ بعدی است، متغیرهای تصمیم‌گیری مشتریان را صفحه می‌کنیم و آنها را در ۳ ماتریس ۲ بعدی نمایش می‌دهیم. با توجه به مجموعه‌ها، روابط، اطلاعات و داده‌های ارائه شده، مدل ماتریسی بازی‌ها به شرح جدول‌های ۴، ۵ و ۶ خواهد بود.

فرم ریاضی توابع سود بازیکنان نیز در روابط ۵، ۶ و ۷ ارائه شده است. در هر یک از این روابط و در ابتدا پارامترهای درآمد و هزینه‌ی هر یک از بازیکنان

جدول ۴. مدل ماتریسی بازی‌ها (صفحه‌ی اول).

S_{rr}	S_{rr}	S_{r1}
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$

راهبرد مشتری = S_{r1}

جدول ۵. مدل ماتریسی بازی‌ها (صفحه‌ی دوم).

S_{rr}	S_{rr}	S_{r1}
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{11} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{11}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$
$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$	$\sum_{i=1}^r (I_{vi})S_{1r} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})S_{1r}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{r1} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{r1}$
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})S_{rr} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})S_{rr}$

راهبرد مشتری = S_{rr}

دیگر همین پارامتر (I_{r1}) خود می‌تواند تفصیل بیشتری پیدا کند و بر اساس ضرایب افزایش قیمت (β) و افزایش تقاضا (ρ) فرمول‌بندی شود. در نتیجه پارامتر (I_{11}) تابعی از این موارد خواهد بود که در تابع اصلی جایگزین خواهد شد. به همین ترتیب در خصوص سایر پارامترها نیز محاسبات و جایگزینی لازم انجام خواهد شد که در ادامه و به فرم ریاضی ارائه می‌شود:

به صورت ساده ارائه شده و در مراحل بعدی چنانچه امکان تفصیل بیشتر یک پارامتر یا محاسبه‌ی پارامتری بر مبنای پارامترهای دیگر وجود داشته باشد، موارد محاسبه و سپس در تابع اصلی جایگزین خواهد شد و تابع نهایی سود بر آن اساس فرمول‌بندی می‌شود. مثلاً در تابع سود دولت (P_1)، پارامتر درآمد حاصل از جریمه‌ی تولیدکننده (I_{11}) ضریبی (α) از میزان درآمد فروش تولیدکننده (I_{r1}) خواهد بود؛ از طرف

جدول ۶. مدل ماتریسی بازی‌ها (صفحه‌ی سوم).

S_{rr}	S_{rr}	S_{r1}	
$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{11}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{11}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{11}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{11}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{11}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{11}}$	S_{11}
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{r1}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{r1}}$	
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{rr})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	
$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	S_{1r}
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{r1}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{r1}}$	
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	
$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}}$	S_{1r}
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{r1}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{r1}}$	
$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	$\sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{rr}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{rj})_{S_{rr}}$	

راهبرد مشتری = S_{rr}

بررسی و شرایط حاکم بر آن بازی‌ها تحلیل خواهد شد. برای سهولت در تحلیل‌های توابع پیامد هر یک از بازیکنان، فرمول‌های تابع پیامد به صورت ساده (غیربسط یافته) ارائه شده است. در روابط منطقی و معادلات زیر به ترتیب نشان داده شده است که در صورت انتخاب هر یک از راهبردها توسط بازیکنان، این انتخاب چه تأثیری بر پارامترهای درآمد و هزینه و در نهایت نتیجه‌ی تابع پیامد مربوط خواهد داشت.

• دولت:

$$P_1 = \sum_{i=1}^r (I_{1i})_{S_{1r}} - \sum_{j=1}^{\delta} (C_{1j})_{S_{1r}} \Rightarrow$$

$$P_1 = (I_{11} + I_{1r} + I_{1r}) - (C_{11} + C_{1r} + C_{1r} + C_{1r} + C_{15})$$

$$\text{Strategy : } S_{11} \rightarrow I_{11} = 0, I_{1r}, I_{1r} \geq 0, C_{11}C_{1r} = 0,$$

$$C_{1r}, C_{1r}, C_{15}, \geq 0$$

$$\text{Strategy : } S_{1r} \rightarrow I_{1r}, I_{1r} \geq 0, C_{1r} = 0, C_{1r}C_{1r}C_{15} \geq 0$$

$$\text{Strategy : } S_{1r} \rightarrow I_{11}, I_{1r}, I_{1r}, C_{11}, C_{1r}, C_{1r}, C_{15} \geq 0 \quad (7)$$

به‌طور کلی چنانچه برابند اعتبارات و درآمدهای صنعت سبز و توسعه‌ی پایدار در برابر هزینه‌های نظارتی و تشویقی یا کاهش هزینه‌های محیط زیستی برای دولت جذاب نباشد، طبیعتاً رویکرد انفعال توسط دولت انتخاب می‌شود. این انتخاب برای دولت‌هایی که نگاه راهبردی به موضوع توسعه‌ی پایدار ندارند، پررنگ‌تر است؛ زیرا دیدگاه غیرراهبردی دولت‌ها به موضوع منفعت‌های توسعه‌ی پایدار باعث می‌شود که این پارامتر از تابع سود آنها حذف شود و چنانچه دولت رویکرد صنعت سبز را داشته باشد و برابند درآمدها در برابر هزینه‌ها مثبت باشد، بسته به میزان این برابند سیاست‌های نظارتی و تشویقی می‌تواند به‌عنوان راهبردهای غیرمنفعل اتخاذ شود.

$$P_1 = (I_{11} + I_{1r} + I_{1r}) - (C_{11} + C_{1r} + C_{1r} + C_{1r} + C_{15})$$

$$I_{11} = \alpha(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1}$$

$$C_{1r} = \gamma C_{1r} + (\lambda - \gamma)C_{1r}$$

$$P_1 = [\alpha(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1} + I_{1r} + I_{1r}] -$$

$$[(C_{11} + \gamma C_{1r} + (\lambda - \gamma)C_{1r} + C_{1r} + C_{1r} + C_{15})] \quad (5)$$

$$P_r = (\alpha(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1} + I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) -$$

$$(C_{r1} + \varphi(\lambda + \rho)C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{r5})$$

$$I_{rr} = \gamma C_{1r}$$

$$C_{r5} = \alpha(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1}$$

$$P_r = [(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1} + \gamma C_{1r} + I_{rr}] -$$

$$\left[\begin{array}{c} (C_{r1} + (\lambda + \rho)\varphi)C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} \\ \alpha(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1} \end{array} \right]$$

$$P_r = [(\lambda - \alpha)(\lambda + \beta)(\lambda + \rho)I_{r1} + \gamma C_{1r} + I_{rr}] -$$

$$P_r = (I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr}),$$

$$I_{r1} = (\lambda - \gamma)C_{1r}, C_{r1} = (\lambda + \beta)I_{r1} + \beta\rho I_{r1} + \varepsilon =$$

$$(\lambda + \beta + \beta\rho)I_{r1} + \varepsilon$$

$$P_r = [(\lambda - \gamma)C_{1r} + I_{rr}] -$$

$$[(\lambda + \beta + \beta\rho)I_{r1} + \varepsilon + C_{rr}] \quad (6)$$

۴.۳. تحلیل بازی‌ها و توابع پیامد بازیکنان

در این بخش و به صورت کلی تصمیمات راهبردی میان هر ۳ بازیکن در ماتریس‌ها

→ Strategy : S_{rr}, S_{rr}

$B' > B'' \rightarrow \text{Strategy} : S_{rr}$

$B' < B'' \rightarrow \text{Strategy} : S_{rr}$ (۱۰)

که در آن B ارزش تابع پیامد تولیدکننده در حالت فناوری سنتی، A' ارزش تابع پیامد تولیدکننده در حالت تغییر به فناوری مجاز و A'' ارزش تابع پیامد تولیدکننده در حالت تغییر به فناوری قابل قبول است.

• مشتریان؛

$$P_r = \sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{ri}} - \sum_{j=1}^r (C_{rj})_{S_{ri}} \Rightarrow$$

$$P_r = (I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr})$$

Strategy : $S_{r1} \rightarrow I_{r1}, I_{rr} = 0$

$$\rightarrow P_r = -(C_{r1} + C_{rr})$$

Strategy : $S_{rr} \rightarrow I_{r1}, I_{rr} \geq 0$

$$\rightarrow P_r = (I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr})$$

Strategy : $S_r \rightarrow I_{r1}, I_{rr} \geq 0, C_{rr} \geq 0$

$$\rightarrow P_r = (I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr}) \quad (۱۱)$$

در حالت انتخاب راهبرد S_{r1} ، مشتریان به دلایل مختلف تمایلی به خرید محصولات سبز ندارند. دیدگاه سنتی و تقابل با تغییر، عدم آگاهی کافی، مدت کوتاه چرخه‌ی حیات صنعت (عدم رویکرد توسعه‌ی پایدار)، عدم محرک‌های تشویقی، تغییرات احتمالی قیمت محصولات، و ... از جمله مهم‌ترین دلایلی است که موجب ایجاد چنین واکنشی در مشتریان می‌شود. در صناعی که با چنین رویکردی از مشتریان روبرو هستیم، یکی از مهم‌ترین تصمیمات دولت و تولیدکنندگان (در صورت اتخاذ بازی همکارانه)، ایجاد سیاست‌های تشویقی و هزینه‌های تبلیغاتی برای تغییر این رویکرد است.

آنچه که مشخص است در صورت رویکرد واکنش منفی از سوی مشتریان، قطعاً ایشان هزینه‌های پنهانی (هزینه‌های محیط زیستی) بیش از هزینه‌ی خرید محصولات در طول زمان پرداخت خواهند کرد. اما چنانچه مشتریان با رویکرد زنجیره‌ی تأمین سبز به صنعت مورد نظر نگاه کنند و شرایط زیر حاکم باشد، قطعاً راهبردهای دوم و سوم می‌تواند انتخاب شود:

$$(I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr}) \geq -C'_{r1} + C'_{rr} \quad (۱۲)$$

که در آن پارامترهای سمت چپ نامعادله مربوط به تابع سود با رویکرد صنعت سبز و پارامترهای سمت راست مربوط به تابع سود با دیدگاه سنتی است.

نکته‌ی مهمی که باید به آن توجه داشت، در حالتی که تولیدکننده تصمیمی به تغییر فناوری ندارد اما مشتریان واکنش مثبت نسبت به این موضوع نشان می‌دهند، حتماً باید به میزان ε به هزینه‌های مشتریان اضافه شود. زیرا در این حالت مشتریان جدیدی نسبت به مجموعه‌ی مشتریان قبلی اضافه شده است که چون مزایای جدیدی را این دسته از مشتریان جدید از این تغییر به دست نمی‌آورند، قطعاً بابت این تغییر متحمل هزینه‌های عمومی هر چند ناچیز خواهند شد.

اما نکته‌ی مهم دیگری که در تحلیل‌های راهبردها و تابع پیامد دولت و تولیدکننده باید به آنها توجه داشت این مورد است که هر کدام از این بازیکنان به صورت مستقل

به طور کلی و چنانچه نامعادلات زیر برقرار باشد، خواهیم داشت:

$$(I_{r1} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) < A,$$

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) < A$$

→ Strategy : S_{r1}

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > A,$$

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) < A$$

→ Strategy : S_{rr}

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > A,$$

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > A,$$

$A' > A'' \rightarrow \text{Strategy} : S_{rr}$

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > A,$$

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > A,$$

$$A' < A'' \rightarrow \text{Strategy} : S_{rr} \quad (۸)$$

که در آن A ارزش تابع پیامد دولت در حالت بدون سیستم نظارت، A' ارزش تابع پیامد دولت در حالت راه‌اندازی سیستم نظارت و A'' ارزش تابع پیامد دولت در حالت سیستم نظارت و تشویق است.

• تولیدکننده؛

$$P_r \sum_{i=1}^r (I_{ri})_{S_{ri}} - \sum_{j=1}^r (C_{rj})_{S_{ri}} \Rightarrow$$

$$P_r = (I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr})$$

Strategy : $S_{r1} \rightarrow I_{rr}, I_{rr} = 0, C_{r1}, C_{rr} = 0, C_{rr} \geq 0 \rightarrow$

$$P_r = (I_{r1}) - (C_{rr} + C_{rr} + C_{rr})$$

Strategy : $S_{rr} \rightarrow I_{rr} \geq 0, C_{rr}, C_{rr} \geq 0 \rightarrow$

$$P_r = (I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr})$$

Strategy : $S_r \rightarrow I_{rr} \geq 0, C_{rr}, C_{rr} \geq 0 \rightarrow$

$$P_r = (I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) \quad (۹)$$

شاید میان ۳ بازیکن اصلی زنجیره‌ی تأمین، تولیدکننده یکی از بازیکنانی باشد که نگاه کاملاً دقیقی به تابع سود برای تصمیم‌گیری دارد. قطعاً برابند هزینه‌های تغییر فناوری در برابر تسهیلات داخلی، افزایش فروش محصولات و کاهش هزینه‌های مربوط به جرائم محیط زیستی (در صورت اتخاذ سیاست نظارتی دولت) تأثیر مهمی در تصمیم‌گیری‌های راهبردی تولیدکنندگان خواهد داشت. به صورت کلی اگر B را میزان سود تولیدکننده در حالت وضعیت فعلی (تولید سنتی) در نظر بگیریم، آنگاه اگر نامعادلات زیر برقرار باشد خواهیم داشت:

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) < B$$

→ Strategy : S_{r1}

$$(I_{r1} + I_{rr} + I_{rr}) - (C_{r1} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr} + C_{rr}) > B$$

و در شرایط منطقی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند و بهترین راهبرد که در آن شرایط منطقی انتخاب خواهند کرد، ارائه شده است. در حالی که در ماتریس بازی‌ها همه‌ی راهبردهای یک بازیکن در مقابل یک راهبرد خاص از بازیکنان دیگر مورد توجه قرار می‌گیرد. مثلاً ممکن است راهبرد بهینه‌ی تولیدکننده در برابر راهبرد نظارتی دولت و انفعالی مشتریان، اتخاذ سیاست حفظ فناوری موجود باشد؛ اما در همین گره علاوه بر این ۲ راهبرد تغییر فناوری به مجاز و قابل قبول نیز در ماتریس بازی‌ها در نظر گرفته خواهد شد. به عبارت دیگر هدف از تحلیل‌ها، تعیین راهبردهای بهینه‌ی بازیکنان از میان راهبردهای موجود در مقابل راهبردهای اتخاذ شده از سوی دیگر بازیکنان خواهد بود.

۵.۳. روش حل مسئله‌ی بازی‌ها

مدل مسئله‌ی تصمیم‌گیری بازیکنان یا همان نظریه‌ی بازی‌های به شرح زیر است: [۲۴]

$$\text{Max}_{s_i \in S_i} u_i(S_i, S_{-i}) \quad (۱۳)$$

که در آن u_i پیامد بازیکن i است. این مدل ریاضی بیان‌گر این موضوع است که مسئله‌ی نظریه‌ی بازی‌ها به دنبال بهینه‌ی (بیشینه) تابع پیامد بازیکن i در برابر ترکیب راهبردهای مربوط به این بازیکن (S_i) با راهبردهای دیگر بازیکنان به استثنای بازیکن (S_i) است.

تبادل نش (Nash Equilibrium) ^۴ جواب بهینه‌ی مسئله‌ی مذکور در بین مجموعه‌ی کامل جواب‌های مسئله است که از ضرب دکارتی راهبردهای مختلف بازیکنان تشکیل می‌شود. این حالت بیان می‌کند که حداقل یک ترکیب راهبرد در بین میان تمام ترکیب‌ها در مدل بازی وجود دارد که بازیکنان در شرایط منطقی حاضر به تغییر آن نیستند.

از آن‌جا که بازی از نوع پویا با اطلاعات کامل و تمام است، در صورت به دست آمدن چند تعادل نش، جواب نهایی مسئله از طریق به دست آوردن تعادل کامل یا همان تعادل نش برگشت به عقب ^۵ یا معادل آن تعادل تمام بازی فرعی ^۶ به دست می‌آید. این جواب بهینه از تحلیل برابند جواب‌های به دست آمده در تعادل نش به دست می‌آید که یکی از روش‌های به دست آوردن آن تبدیل مدل اصلی بازی‌ها به بازی‌های فرعی و حل هر بازی فرعی و در نهایت به دست آوردن جواب نهایی با توجه به نتایج به دست آمده از حل بازی‌های فرعی است. قطعاً یکی از جواب‌های تعادل نش، تعادل نش برگشت به عقب نیز هست. جواب مسئله در حالت تعادل نش را با $N(G)$ نمایش می‌دهیم و جواب نهایی مسئله یا همان تعادل نش برگشت به عقب را با $N(G)max$ یا SPE نمایش خواهیم داد.

در قسمت تحلیل عددی، تعادل نش و تعادل نش برگشت به عقب در ۲ حالت مدل‌سازی بازی‌ها به صورت غیرفازی و با ترکیب مدل فازی محاسبه خواهند شد.

۴. تحلیل عددی

برای بررسی عملکرد مدل و روش حل آن، یک مسئله با داده‌های ارائه شده در جدول ۷ طراحی شده است.

داده‌های جدول ۷ مربوط به یک مجتمع صنعتی در زمینه‌ی تولید محصولات صنایع فولادی است، که تمام پارامترها و ضرایب مؤثر بر درآمد و هزینه‌ی بازیکنان در صورت حفظ یا تغییر فناوری به منظور کاهش گازهای گلخانه‌یی که سرمایه‌گذاری آن برای یک مدت ۱۰ ساله در نظر گرفته شده است، تعیین شده‌اند. تغییر فناوری

در سطح اول با نماد A و تغییر تا سطح دوم با نماد B نمایش داده شده است. فرضیات مسئله:

— فرض ۱: دولت و تولیدکننده در تغییر فناوری به حالت مجاز از نصف بودجه‌ی تشویق و در تغییر به حالت قابل قبول از بیشینه‌ی بودجه‌ی تشویق برای مشتریان استفاده می‌کنند.

— فرض ۲: تولیدکننده در تغییر فناوری از بیشینه‌ی بازه‌ی افزایش قیمت محصول استفاده می‌کند.

— فرض ۳: در حالت کاهش تقاضای مشتریان، پارامتر هزینه‌ی خرید محصول مشتریان وفادار بر اساس نرخ جدید تعیین می‌شود و برای مشتریان از دست رفته بر اساس هزینه‌ی خرید محصول در حالت غیرمجاز خواهد بود.

— فرض ۴: هزینه‌های تشویقی دولت و تولیدکننده برای مشتریان، به میزان تقاضای آنها متغیر خواهد بود. به همین ترتیب درآمدهای مشتریان از تسهیلات و توسعه‌ی پایدار به میزان تقاضای آنها متغیر خواهد بود.

— فرض ۵: در مدل تعریف شده، مشتریان یک مجموعه واحد در نظر گرفته خواهند شد.

فرض ۶: نمادهای A ، B و C به ترتیب بیان‌گر ۳ سطح غیرمجاز، مجاز و قابل قبول به لحاظ عملکرد محیط زیستی هستند.

— فرض ۷: برای یکپارچه‌سازی محاسبات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری به منظور تغییر فناوری را از طریق فرمول زیر به هزینه‌های یک‌نواخت سالانه تبدیل می‌کنیم:

$$A = P(A/P, i\%, n) \rightarrow A = P(A/P, ۱۰\%, ۱۰)$$

۱.۴. مدل‌سازی بازی‌ها

با استفاده از روابط بخش‌های قبل، ماتریس بازی‌های مسئله همراه با نتیجه‌ی تابع پیامد هر یک از بازیکنان به ازای ترکیب هر راهبرد به ترتیب زیر و جدول ۸ خواهد بود:

$$P_1 = [\alpha(1 + \beta)(1 + \rho)I_{11} + I_{12} + I_{13}] -$$

$$[(C_{11} + \gamma C_{12} + (1 - \gamma)C_{12} + C_{13} + C_{14} + C_{15})]$$

$$P_2 = [(1 - \alpha)(1 + \beta)(1 + \rho)I_{21} + \gamma C_{12} + I_{22}] -$$

$$[(C_{21} + \varphi(1 + \rho)C_{22} + C_{23} + C_{24})]$$

$$P_3 = [(1 - \gamma)C_{12} + I_{22}] - [(1 + \beta + \beta\rho)I_{21} + \varepsilon + C_{22}]$$

با توجه به نتایج این ماتریس‌ها، با به دست آوردن تعادل نش و تعادل نش برگشت به عقب جواب نهایی مسئله به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

$$\text{Max}_{s_i \in S_i} u_i(S_i, S_{-i})$$

$$N(G)_1 = (S_{12}, S_{21}, S_{31}) = (-۷,۷, ۲,۴, -۶۸)$$

$$N(G)_2 = (S_{12}, S_{21}, S_{32}) = (-۷,۳, ۱۰, -۶۸)$$

$$N(G)_3 = (S_{13}, S_{22}, S_{32}) = (-۳, ۱۱,۹, -۶۲,۸)$$

$$\text{SPE}(G) = (S_{13}, S_{22}, S_{32}) = (-۳, ۱۱,۹, -۶۲, ۸)$$

جواب بهینه‌ی حاصل بدین معناست که با توجه به اطلاعات و داده‌های مسئله، راه‌اندازی سیستم تشویق (هم‌زمان با نظارت) توسط دولت، تغییر فناوری تولید از

جدول ۷. داده‌های مسئله.

$\alpha = 0/03$	$i = 10\%$	$n = 10 (Years)$
$\beta_1 = 0/02$	$\beta_2 = 0/03$	$\rho_1 = -0/2$
$\rho_2 = 0/1$	$I_{12} = 0/45C_{21}$	$I_{12(A)} = 2m\$$
$I_{12(B)} = 5m\$$	$C_{11} = 1/25m\$$	$\gamma C_{12} = 0/40 C_{21}$
$(1 - \gamma)C_{12} = [0, 2/5]m\$$		$C_{12(A)} = 5m\$$
$C_{12(B)} = 2m\$$	$C_{12(A)} = 3m\$$	$C_{12(B)} = 1m\$$
$C_{15(A)} = 1m\$$	$C_{15(B)} = 2m\$$	$I_{21} = 65m\$$
$I_{22(A)} = 1m\$$	$I_{22(B)} = 2m\$$	$C_{21(A)} = 40m\$$
$C_{21(B)} = 60m\$$	$C_{22(A)} 50m\$$	$C_{22(B)} = 48m\$$
$C_{22(C)} = 47m\$$	$C_{22(A)} = [0, 5]m$	$C_{22(A)} = 3m\$$
$C_{22(B)} = 1m\$$	$C_{22(C)} = 0/65m\$$	$\partial C_{22} = 0/50\rho^*c22$
$I_{22(A)} = 0/5m$	$I_{22(B)} = 1m\$$	$C_{22(A)} = 3m\$$
$C_{22(B)} = 1m\$$	$\varepsilon = 0/01m\$$	

جدول ۸. ماتریس بازها.

S_{22}	S_{22}	S_{21}	
2, -0/1, -61/4	-3, 1/3, -64/6	-8, 4, -68	S_{11}
2, -0/1, -61/4	-3, 1/3, -64/6	-7/7, 2/4, -68	S_{12}
0/1, 3/8, -59/2	-2/7, 3/9, -63/4	-7/7, 2/4, -68	S_{13}
S_{21} = استراتژی مشتری			
S_{22}	S_{22}	S_{21}	
2, 7/6, -60/3	-3, 9/3, -64/3	-8, 12, -68	S_{11}
2, 7/6, -60/3	-3, 9/3, -64/3	-7/3, 10, -68	S_{12}
-0/5, 11/5, -57/3	-3, 11/9, -62/8	-7/3, 10, -68	S_{13}
S_{22} = استراتژی مشتری			
S_{22}	S_{22}	S_{21}	
2, 11/9, -60/4	-3, 13/5, -64/4	-8, 16, -68/0	S_{11}
2, 11/9, -60/4	-3, 13/5, -64/4	-7/1, 13/8, -68	S_{12}
-0/8, 15/8, -57/4	-3, 16/1, -62/9	-7/1, 13/8, -68	S_{13}
S_{22} = استراتژی مشتری			

سمت صنعت سبز با استفاده از نظریه‌ی بازی‌ها در فرم راهبردی مدل‌سازی و در ادامه نیز تابع پیامد بازیکنان فرمول‌بندی شد. سپس نتایج تابع پیامد مشتریان و تأثیر آن بر انتخاب راهبردهای بازیکنان تحلیل شد و در ادامه نیز روش حل مسئله با استفاده از تعادل نش ارائه شد. نتایج تحلیل عددی در این مسئله نشان داد که بازی‌های زنجیره‌ی تأمین سبز در حالت ۳ بازیکن به ویژه با ورود مشتریان به ترکیب و در نظر گرفتن پارامترهای مؤثرتر در تابع پیامد بازیکنان، مدل را کاربردی‌تر می‌کند و تابع پیامد بازیکنان در جهت متمایل‌سازی آنان به سمت حرکت در مسیر زنجیره‌ی تأمین سبز بهینه‌تر می‌شود.

توسعه‌ی مدل بازی‌ها با تغییر ترکیب بازیکنان (مثلاً اضافه شدن خرده‌فروشان به مسئله)، بهینه‌سازی متغیرهای تصمیم‌گیری (انتخاب راهبرد) با استفاده از روش‌هایی همچون تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره (MCDM)، ارائه‌ی روش‌های محاسبات و تخمین پارامترهای پیچیده از جمله موارد مرتبط با سود توسعه‌ی پایدار و تقاضای مشتریان، ارائه‌ی یک مدل ابتکاری یا فراابتکاری حل مسئله (در زمینه‌ی مسئله‌های بزرگ با متغیرهای تصمیم‌گیری و پارامترهای متنوع و زیاد) برای موضوعات مطالعات آتی این پژوهش پیشنهاد می‌شود.

غیرمجاز به مجاز توسط تولیدکننده و تصمیم‌منفعلانه مشتریان در خصوص این تغییر بهینه‌ترین ترکیب راهبرد میان این ۳ بازیکن خواهد بود. به عبارت دیگر، چنانچه داده‌های ارائه شده در تحلیل عددی را به با حالت ۲ بازیکن مدل‌سازی و حل کنیم نتایج متفاوتی نسبت به حالت ۳ بازیکن و مدل جدید ارائه شده در این مطالعه به دست می‌آید که هم در تابع پیامد بازیکنان نتایج غیراقتصادی‌تری مشاهده می‌شود و هم ترکیب بهینه‌ی راهبردها منتج به تغییر فناوری از سوی تولیدکننده نخواهد شد.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش و در ابتدا مدل عمومی زنجیره‌ی تأمین سبز ارائه شد که بر اساس آن ۳ سطح غیرمجاز، مجاز و قابل قبول و درآمدها و هزینه‌های حاصل از تغییر این سطوح بررسی شد. سپس راهبردهای میان ۳ بازیکن اصلی زنجیره‌ی تأمین برای حرکت به

پانوشتها

1. game theory
2. Green supply chain
3. pay-off Function
4. nash equilibrium
5. backward induction
6. sub-game perfect equilibrium

(References) منابع

1. Blanchard, D., *Supply Chain Management: Best Practices*, Publisher: Wiley, pp. 8-11 (2007).
2. Hines, T., *Supply Chain Strategies: Customer-Driven and Customer-Focused*, Publisher: Butterworth-Heinemann, pp. 70-72 (2004).
3. Harrison, A. and Hoek, R.-V., *Logistics Management and Strategy: Competing Through the Supply Chain*, Publisher: Harlow: Financial Times Prentice Hall, pp. 6-11 (2008).
4. Oliver, R.K. and Webber, M. D. "Supply Chain Management: Logistics Catches up With Strategy", pp. 63-75 (1982).
5. Sheu, J.B., Chou, Y.H. and Hu, C.C. "An integrated logistics operational model for green supply chain management", *Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review*, **41**, pp. 287-313 (2005).
6. Basu, R. and Wright, J.N., *Total Supply Chain Management*, Publisher: London: Butterworth-Heinemann, pp. 245-257 (2008).
7. Zhu, Q. H. and Cote, R.P. "Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the guitang group", *Journal of Cleaner Production*, **12**, pp. 1025-1035 (2004).
8. Zhu, Q. H. and Sarkis, J. "An inter-sectoral comparison of green supply chain, management in china: drivers and practices", *Journal of Cleaner Production*, **14**, pp. 472-486 (2006).
9. Wang, H.F. and Gupta, S.M., *Green Supply Chain Management: Product Life Cycle approach*, Publisher: New York: McGraw-Hill, (2011).
10. Wang, H.F., *Web-Based Green Products Life Cycle Management Systems: Reverse Supply Chain Utilization*, Publisher: New York: Information Science Reference (2009).
11. Zhao, R., Deutz, P., Neighbour, G. and et al. "Carbon emissions intensity ratio: an indicator for an improved carbon labelling scheme", *Environmental Research Letters*, **7**, 014014 (2012).
12. Cachon, G.P. and Serguei, N., *Game theory in supply chain analysis*, pp. 13-65, Publisher: London: Kluwer Academic (2004).
13. Esmaeili, M., Aryanezhad, M. B. and Zeepongsekul, P. "A game theory approach in seller-buyer supply chain", *European Journal of Operation Research*, **195**, pp. 442-448 (2009).
14. Li, S. X., Huang, Z. M., Zhu, J. and et al. "Cooperative advertising game theory and manufacturer-retailer supply chains", *Omega-International Journal of Management Science*, **30**, pp. 347-357 (2002).
15. Nagarajan, M. and Sobic, G. "Game-theoretic analysis of cooperation among", *European Journal of Operation Research*, **187**, pp. 719-745 (2008).
16. Yue, J. F., Austin, J., Wang, M. C. and et al. "Coordination of cooperative advertising in a two-level supply chain when manufacturer offers discount", *European Journal of Operation Research*, **168**, pp. 65-85 (2006).
17. Zhu, Q. H. and Dou, Y. J. "Evolutionary game model between governments and core enterprises in greening supply chains", *Systems Engineering Theory and Practice*, **27**(12), pp. 85-89 (2007).
18. Chen, Y. J. and Sheu, J. B. "Environmental-regulation pricing strategies for green supply chain management", *Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review*, 45667-677. **45**, pp. 667-677 (2009).
19. Sheu, J. B. "Bargaining framework for competitive green supply chains under governmental financial intervention", *Transportation Research Part E: Logistic and Transportation Review*, **47**, pp. 573-592 (2011).
20. Barari, S., Agarwal, G., Zhang, W. J. and et al. "A decision framework for the analysis of green supply chain contracts: an evolutionary game approach", *Expert Systems with Applications*, **39**, pp. 2965-2976 (2012).
21. Nagurney, A. and Yu, M. "Sustainable fashion supply chain management under oligopolistic competition and brand differentiation", *International Journal of Production Economics*, **135**, pp. 532-540 (2012).
22. Rui, Zhao., Neighbour, G., Han, J. and et al. "Using game theory to describe strategy selection for environmental risk and carbon emissions reduction in the green supply chain", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **25**(6), pp. 927-936 (2012).
23. Tian, Y., Govindan, K. and Zhu, K. "A system dynamics model based on evolutionary game theory for green supply chain management diffusion among chinese manufacturers", *Journal of Cleaner Production*, **80**(1), pp. 96-105 (2014).
24. Hafezalkotob, A. "Competition of two green and regular supply chains under environmental protection and revenue seeking policies of government", *Computers & Industrial Engineering*, **82**, April, pp. 103-114 (2015).
25. Huang, Y., Wang, K., Zhang, T. and et al. "Green supply chain coordination with greenhouse gases emissions management: a game-theoretic approach", *Journal of Cleaner Production*, **112**, Part 3, 20, pp. 2004-2014 (2016).
26. Liu, P. and Shu-ping, Yi. "Pricing policies of green supply chain considering targeted advertising and product green degree in the Big Data environment", *Journal of Cleaner Production*, **164**(15), pp. 1614-1622 (2017).
27. Gh. Abdoli., *the Book of Game Theory and Its Applications: Static and Dynamic Games Of Complete Information*, Jahad Daneshgahi Publication.