قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی تحت سیاست‌های کنترل میزان انتشار کربن

مروارید رهنمای رحمانی[۱]، عطاالله طالعی‌زاده[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

۲. دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۰، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده: ۹۷/۱۱/۰۸، تاریخ تصویب: ۹۸/۰۲/۰۲)

چکیده

در این مقاله، به مطالعهٔ زنجیرهٔ تأمین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با درنظرگرفتن سیاست‌های انگیزشی تحت شرایطی از قبیل آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کننده پرداخته شده است که به ترجیح تولید محصول کم‌کربن در مقایسه با محصولی که منجر به انتشار کربن بالا می‌شود می‌پردازد. در این مطالعه، از قرارداد تأخیر در پرداخت به‌منظور هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین استفاده شده است. همچنین از قانون کپ اند ترید[۱] در زمینهٔ فناوری سبز و کاهش انتشار کربن بهره گرفته شده است. به این صورت که بررسی بازار معاملات کربن درنظر گرفته‌شده و مکانیسم تبادلات اعتبارات کربن صورت گرفته است. در این مطالعه، از روش حل استکلبرگ برای رسیدن به مقدار بهینهٔ قیمت خرده‌فروشی و عمده‌فروشی استفاده شده است. در انتها از مثال عددی با محاسبهٔ متغیرهای تصمیم و سود زنجیرهٔ تأمین هماهنگ‌سازی‌شده، برای مشاهدهٔ نتایج حاصل از سیاست‌های انگیزشی استفاده شده است. همچنین آنالیز حساسیت به‌منظور مشاهدهٔ تغییرات در متغیرهای تصمیم حاصل از تغییرات در پارامترهای مسئله کاربرد داشته است.

واژه‌های کلیدی: انتشار کربن، تئوری بازی‌ها، فناوری سبز، قرارداد تأخیر در پرداخت، هماهنگی زنجیرهٔ تأمین.

مقدمه

کاهش انتشار کربن با روندی روبه‌افزایش، اهمیت بسیاری دارد و توجه بسیاری به آن شده است. با افزایش نگرانی‌ها از گرم‌شدن جهانی، کاهش انتشار کربن بیشتر از هر زمان دیگری اهمیت می‌یابد. در سرتاسر جهان، از مکانیسم‌های گوناگونی استفاده شده و روش‌های گوناگونی برای پاک‌سازی این انتشارات در چندین کشور طراحی شده است. طرح معاملاتی که نخستین بار در اتحادیهٔ اروپا در سال ۲۰۰۵ عرضه و استفاده شد، به شرکت‌ها انگیزه می‌دهد تا از انتشار کربن جلوگیری کنند و مشتاق تولید سبز شوند [۱]. تحت قانون کپ اند ترید، دولت حجم مشخصی از انتشار کربن کلی را به شرکت‌ها تخصیص می‌دهد که به آن کربن‌کپ گفته می‌شود. شرکت‌ها می‌توانند در صورتی که مقدار انتشار کربن آن‌ها از میزان کپ تعیین‌شده تجاوز کند، حق انتشار کربن بیشتر را از بازار معاملات کربن خریداری کنند؛ درحالی‌که اگر مقدار انتشار کربن آن‌ها کمتر از میزان کپ تعیین‌شده باشد، می‌توانند اعتبارات انتشار مازاد خود را به بازار معاملات کربن بفروشند [۲]؛ بنابراین همان‌گونه که اشاره شد، مقدار مشخصی از اعتبارات انتشار کربن به شرکت‌ها تخصیص داده می‌شود. این مقدار رایگان و در عین حال محدود است و شرکت‌ها می‌توانند اعتبارات انتشار کربن را به بازار معاملات کربن بفروشند یا از آن خریداری کنند [۳]. به‌تازگی قانون کپ اند ترید به یکی از مکانیسم‌های کارآمد و مؤثر مبتنی بر بازار تبدیل شده است. این مکانیسم کنترل مقدار کلی انتشار کربن است. در سال‌های اخیر دولت چین به ایجاد پایلوت معاملهٔ کربن پرداخته است [۴].

مبانی نظری

مطالعهٔ ادبیات در این بخش به سه بخش عمدهٔ مروری بر قراردادها، مروری بر قیمت‌گذاری و مروری بر فناوری سبز و کپ اند ترید تقسیم می‌شود.

مروری بر مطالعات مرتبط با قراردادها

ادبیات موجود در حوزهٔ قراردادها شامل پژوهش‌های بسیار در زمینهٔ انتخاب انواع قراردادها، هماهنگ‌سازی زنجیره‌های تأمین‌های عادی یا معکوس، یا زنجیرهٔ تأمین‌های سبز و

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۹۱۲۴۹۷۵۲۴۷ Email: taleizadeh@ut.ac.ir

مطالعات موردی است. هماهنگ‌نبودن اعضا، بیشتر اوقات به عدم قطعیت در تأمین و تقاضا منجر می‌شود. در مقابل، هماهنگ‌سازی به کاهش عدم قطعیت‌ها می‌انجامد به‌منظور پی‌بردن به مزایای استفاده از قراردادها و قابلیت به‌کارگیری آن‌ها، ارشیندر و دشموخ چارچوبی را برای ارزیابی قراردادها در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی ایجاد کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از قراردادها عملکرد زنجیرهٔ تأمین را بهبود می‌بخشد. از جمله قراردادهای ارزیابی‌شده در این مقاله، قرارداد تسهیم درآمد است [۵]. کریشنان و ای وینتر، دربارهٔ قرارداد تسهیم درآمد و کارآمدی آن و ایجاد بنیانی برای این قرارداد در راستای افزایش انگیزه مطالعه کردند [۶]. پندا نیز در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی شامل تولیدکننده و خرده‌فروش با استفاده از استکلبرگ تولیدکننده به اعمال قرارداد تسهیم درآمد پرداخت [۷]. سیف برقی به طراحی قرارداد در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی با درنظرگرفتن قیمت و کیفیت پرداخت. در این پژوهش از قراردادهای تسهیم هزینه و تقسیم‌بندی بازار استفاده شد که در آن مشتریان به دو گروه قیمت‌گرا و کیفیت‌گرا تفکیک شدند و درنتیجه حدی برای درصد مشتریان بالقوهٔ کیفیت‌گرا به‌دست آوردند [۸]. در مطالعهٔ حاضر، از قرارداد تأخیر در پرداخت استفاده شد. کار این پژوهش با درنظرگرفتن فناوری سبز و قانون کپ اند ترید تفاوتی عمده با ساختار پژوهش‌های پیشین دارد. استفان سلوویس و گیووانمی به انتخاب قراردادها در زنجیرهٔ تأمین پرداختند. آن‌ها به‌صورت تجربی به جست‌وجوی محرک‌های کلیدی در انتخاب قرارداد در زنجیرهٔ تأمین به‌کمک مطالعهٔ عملکرد زنجیرهٔ تأمین، جهت‌گیری و یکپارچگی آن برای شرکت‌ها پرداختند. نتایج این پژوهش نشان‌دهندهٔ این است که انتخاب قراردادها و احتمال دریافت آن‌ها به انواع عملکردهای شرکت‌ها و جهت‌گیری و یکپارچگی زنجیرهٔ تأمین حاصل بستگی دارد [۹]. زو و همکاران دربارهٔ تصمیم‌های کاهش انتشار کربن در زنجیرهٔ تأمین با سیاست تولید بر مبنای سفارش دریافتی دوسطحی یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش تحت قانون کپ اند ترید به مطالعه پرداختند و برای رسیدن به نتایج از قراردادهای تسهیم هزینه، قرارداد قیمت عمده‌فروشی و توافق دوتعرفه‌ای استفاده کردند [۱۰].

مروری بر مطالعات مرتبط با سیاست‌های کاهش انتشار کربن، فناوری سبز و قانون کپ اند ترید

به‌تازگی مطالعات مرتبط با فناوری سبز و کاهش میزان انتشار کربن و نیز قانون کپ اند ترید رایج شده است. هووا و همکاران ردپای کربن در مدیریت موجودی را بررسی کردند [۲]. جین و همکاران تأثیر سیاست‌های کربن بر طراحی زنجیرهٔ تأمین را تحت سه سیاست کربن متداول بررسی می‌کنند که شامل مالیات انتشار کربن، کپ انعطاف‌ناپذیر و کپ اند ترید است. نتایج نشان می‌دهد سیاست‌های مختلف بر هزینه‌ها و اثربخش‌بودن آن‌ها برای کاهش انتشار کربن تأثیرگذار است [۱۱]. ذاکری و همکاران به مقایسهٔ دو سیاست کربن مالیات‌های کربن و معاملات انتشار کربن پرداختند و نتیجه گرفتند که مکانیسم معاملات کربن حتی به صورت ناقص، به عملکرد بهتری در زنجیرهٔ تأمین درمورد انتشار، هزینه و سطح خدمت منجر می‌شود [۱۲]. دو و همکاران دربارهٔ عملکرد زیست‌محیطی محصولات با توجه به افزایش سطح آگاهی زیست‌محیطی مطالعه کردند [۱۳]. زو و همکاران نیز دربارهٔ مسائل تولید و قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین با سیاست تولید بر مبنای سفارش دریافتی دوسطحی با دو محصول تحت قانون کپ اند ترید مطالعه کردند [۳]. تفاوت این پژوهش با کار ما در به‌کارگیری قراردادها در مطالعهٔ ماست. جی و همکاران از قانون کپ اند ترید و ترجیح مشتریان از محصول سبز و راهبردهای کاهش کربن منفرد و هم‌زمان استفاده کردند و نتیجه گرفتند راهبرد کاهش کربن هم‌زمان (مشارکتی) به سود بیشتری منتهی می‌شود [۱۴]. کاوو و همکاران نیز از قانون کپ اند ترید به همراه سیاست سوبسید کربن استفاده کردند و به این مسئله پرداختند که کدام سیاست تأثیر بهتری بر جامعه دارد و هریک از سیاست‌ها در چه شرایطی سودمندتر از دیگری واقع می‌شوند [۱۵].

مروری بر مطالعات مرتبط با قیمت‌گذاری

سیاست‌های متفاوتی برای تعیین بهترین قیمت وجود دارد. در این زمینه مطالعات بسیاری انجام شده است و قیمت به‌عنوان یک متغیر تصمیم اساسی در تصمیم‌گیری درنظر گرفته شده است. هوانگ و همکاران به مطالعهٔ قیمت‌گذاری، موجودی و انتخاب تأمین‌کنندگان و اجزا، با رویکرد تئوری بازی‌ها

پرداختند؛ به‌گونه‌ای که مسئله را به‌عنوان بازی غیرهمکارانهٔ پویای سه‌سطحی مدل‌سازی کردند [۱۶]. از تأثیرات مخرب حاصل از فعالیت شرکت‌ها، آلودگی برای محیط‌زیست است. در زمینهٔ قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین پایدار زیست‌محیطی، دینگ و همکاران به مطالعهٔ مکانیسمی برای ترغیب شرکت‌ها به‌منظور جلوگیری از آلودگی و نیز تمرکز بر راهبردهای بهینهٔ قیمت‌گذاری در زنجیرهٔ تأمین پایدار زیست‌محیطی پرداختند [۱۷]؛ به‌طوری‌که هدف این مطالعه ایجاد مکانیسمی برای ترغیب اعضای زنجیره به‌منظور تولید محصول سازگار با محیط بوده است؛ بنابراین احتیاج به قیمت‌گذاری به‌صورت بهینه برای زنجیرهٔ تأمین پایدار زیست‌محیطی ایجاد شده است. چاب و همکاران در حوزهٔ هماهنگی زنجیرهٔ تأمین و قیمت‌گذاری با استفاده از تئوری بازی‌ها مطالعه کردند [۱۸]. جینگزیان و همکاران تصمیم‌های قیمتی و تأثیر اضافه‌کردن کانالی جدید بر قیمت را بررسی کردند [۱۹]. لیو و همکاران به‌منظور مطالعهٔ سیاست‌های قیمت‌گذاری زنجیرهٔ تأمین سبز با درنظرگرفتن تبلیغات هدفمند و درجهٔ سبزبودن محصول، به بررسی زنجیرهٔ تأمین با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش پرداختند. براین‌اساس چهار موقعیت بازی براساس تئوری بازی‌های استکلبرگ و تعادل نش پیشنهاد شده و نیز روند تغییر قیمت‌ها براساس درجهٔ سبزبودن تجزیه و تحلیل شده است [۲۰].

به‌طورکلی در این مقاله نیز در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی که شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش است، با استفاده از تئوری بازی‌ها و روش استکلبرگ تولیدکننده به یافتن بهینهٔ قیمت‌های عمده‌فروشی و خرده‌فروشی پرداخته شد. همچنین از قانون کپ اند ترید استفاده شد و با استفاده از قرارداد پرکاربرد تأخیر در پرداخت، که تاکنون در زنجیرهٔ تأمین با مفروضات پیش‌تر گفته‌شده اعمال نشده است، هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین صورت گرفت.

ونگ و همکاران در زمینهٔ استفاده از فناوری سبز و قراردادها، با درنظرگرفتن انتخاب محصول کم‌کربن به‌کمک ترجیحات بازار بر زنجیرهٔ تأمین دوسطحی با استفاده از تئوری بازی‌ها برای حل مدل متمرکز شدند. همچنین در این مطالعه از قراردادهای قیمت عمده‌فروشی و تسهیم هزینه استفاده شد [۲۱]. زو و همکاران در زمینهٔ قیمت‌گذاری و کپ اند ترید، به بررسی زنجیرهٔ تأمین پرداختند و تأثیر تصمیم‌های دولت را بر قوانین مدنظر قرار دادند [۴]. الجزار و همکاران استفاده از قرارداد تأخیر در پرداخت پس از دریافت از سوی خریدار با درنظرگرفتن هزینه‌هایی از قبیل سوخت و انتشار کربن حاصل از فرایند تولید، حمل‌ونقل و... به هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین پرداختند و عملکردهای محیطی و اقتصادی را بهینه کردند [۲۲]. مدنی و همکاران در حوزهٔ سبزکردن و قیمت‌گذاری دریافتند که ساختار متمرکز زنجیرهٔ تأمین به تولید محصولات سبز به میزان بیشتری منجر می‌شود. همچنین سود اعضا را افزایش می‌دهد و درنتیجه به میزان تولید بیشتر محصولات سازگار با محیط‌زیست منجر می‌شود [۲۳]. در پژوهش حاضر، که با همهٔ مطالعات تفاوت اساسی دارد، از قرارداد تأخیر در پرداخت به‌منظور هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش تحت قانون کپ اند ترید استفاده شد. همچنین با درنظرگرفتن سطح آگاهی زیست‌محیطی مشتریان، یافتن بهینهٔ سود زنجیرهٔ تأمین صورت گرفت.

تعریف مسئله

در این مقاله، زنجیرهٔ تأمین شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش درنظر گرفته شد. خرده‌فروش محصول را از تولیدکننده دریافت می‌کند و به بازار می‌فروشد. در این میان، مشتریان تمایل به پرداخت بیشتر برای محصول کم‌کربن دارند. به عبارت دیگر مشتریان با آگاهی زیست‌محیطی همراه هستند. تولیدکننده محصول را براساس سیاست دسته به دسته[۲] تولید می‌کند؛ بنابراین مشکلی از نظر موجودی نخواهیم داشت. زنجیرهٔ تأمین با قانون کپ اند ترید درنظر گرفته شده است که در آن اعتبارهای انتشار کربن قابل‌معامله در بازار معاملات کربن هستند. این اعتبارهای کربن برای تولید الزامی و البته محدود به‌شمار می‌آیند. اگر مقدار انتشار کربن شرکتی از میزان از پیش تعیین‌شده انتشار کربن تجاوز کند، شرکت می‌تواند اعتبارهای انتشار کربن اضافه را از بازار معاملات کربن خریداری کند. اگر مقدار انتشار کربن شرکتی از میزان از پیش تعیین‌شدهٔ انتشار کربن کمتر باشد، شرکت می‌تواند مازاد اعتبارهای انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن بفروشد. در این میان، تولیدکننده انگیزهٔ

کاهش کربن را به‌کمک دریافت فناوری سبز دارد که هزینه‌هایی را دربر خواهد داشت. در حال حاضر، قانون کپ اند ترید از مؤثرترین مکانیسم‌های کاهش انتشار کربن مبتنی بر بازار است. در این مطالعه، زنجیرهٔ تأمین به‌کمک بازی استکلبرگ که در آن تولیدکننده رهبر بازی و خرده‌فروش پیرو است، مدل‌سازی شده است. هدف از این مطالعه، بررسی قرارداد انگیزشی تأخیر در پرداخت در زنجیرهٔ تأمین دوسطحی به‌منظور یافتن بهترین راهبرد است که به کمترین میزان انتشار کربن و بیشترین سود منجر می‌شود. از قانون کپ اند ترید که براساس پژوهش‌ها از مؤثرترین و جدیدترین مکانیسم‌های کاهش انتشار کربن است، به‌منظور ایجاد زنجیرهٔ تأمین سبز که به کاهش انتشارات کربن کلی و درنتیجه کمک به کاهش آلودگی و نیز در پی آن کاهش گرمای جهانی منجر می‌شود، استفاده شده است.

پارامترهای به‌کاررفته در این مدل‌سازی به شرح زیر است:

- α: پتانسیل بازار
- β: ضریب حساسیت به قیمت
- p: قیمت خرده‌فروشی هر واحد محصول
- e: سطح سازگاری با محیط محصول به ازای هر واحد
- a: سطح آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کننده
- h: هزینهٔ مرتبط با تولید سازگار با محیط
- l: واحد اولیهٔ انتشار کربن هر محصول
- o: هزینهٔ عادی یک واحد تولید به ازای هر محصول
- c: قیمت معاملهٔ کربن
- C: مقدار از پیش تعیین‌شدهٔ انتشار کربن
- D: تقاضا
- w: قیمت عمده‌فروشی هر واحد محصول
- r: نرخ بهره
- t: زمان

۱. مدل‌سازی

در این بخش به مدل‌سازی توابع سود زنجیرهٔ تأمین دوسطحی پرداخته شده است که شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش با قانون کپ اند ترید است. برای این منظور، از بهینه‌سازی توابع سود و کاهش میزان انتشار کربن، با درنظرگرفتن سیاست‌های انگیزشی استفاده شد که شامل قرارداد تأخیر در پرداخت هستند. این زنجیرهٔ تأمین، تک‌محصوله است و مشتریان آن آگاهی زیست‌محیطی دارند؛ یعنی حاضر به پرداخت مبلغ بالاتر برای استفاده از محصول سازگار با محیط‌زیست هستند؛ بنابراین ابتدا به مدل‌سازی توابع سود هریک از اعضای این زنجیره در حالت بدون قرارداد و سپس مدل‌سازی هریک از اعضا تحت قرارداد تأخیر در پرداخت، در قالب دو سناریو پرداخته می‌شود.

سناریوی اول: بدون قرارداد

در سناریوی اول توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش در یک زنجیرهٔ تأمین دوسطحی بدون درنظرگرفتن هیچ‌گونه قرارداد، به‌صورت زیر مدل‌سازی شده و تابع تقاضا به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$D = ae + \alpha - \beta p \qquad (۱)$$

به‌طوری‌که a نشان‌دهندهٔ سطح آگاهی زیست‌محیطی مشتری، e سطح سازگاری با محیط محصول، p قیمت فروش محصول به مشتری بوده و D نشان‌دهندهٔ تقاضاست.

تابع سود تولیدکننده

تابع سود نتیجهٔ تفاضل درآمد و هزینه است. در اینجا هزینه‌های تولیدکننده شامل دو دستهٔ هزینهٔ عادی تولید و هزینهٔ محصول سازگار با محیط است. درمجموع دولت اجازهٔ مقدار معینی از انتشار کربن را خواهد داد که این میزان معین کربن مجاز برای انتشار شرکت‌ها را کربن کپ[۳] می‌نامند.

کپ اند ترید

اگر مقدار انتشار کربن شرکتی از میزان کربن کپ تجاوز کند، می‌تواند اعتبار انتشار کربن بیشتر را از بازار معاملات کربن خریداری کند، اما اگر مقدار انتشار کربن شرکت از میزان کربن کپ کمتر باشد، شرکت می‌تواند مازاد اعتبار کربن خود را به بازار معاملات کربن بفروشد.

$$\prod\nolimits_M = (w - o - he^2)D - c[(l - e)D - C] \qquad (۲)$$

تابع سود خرده‌فروش

تابع سود خرده‌فروش از تفاضل قیمت فروش و قیمت عمده‌فروشی که خرده‌فروش بابت خرید از تولیدکننده به

وی پرداخت می‌کند، ضربدر میزان تقاضا به‌صورت رابطهٔ ۳ حاصل می‌شود:

$$\prod_R=(p-w)D \qquad (۳)$$

سناریوی دوم: قرارداد تأخیر در پرداخت

در این سناریو، از قرارداد تأخیر در پرداخت برای هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین دوسطحی تحت قانون کپ اند ترید استفاده شده است. به این صورت که تولیدکننده به خرده‌فروش پیشنهاد قرارداد تأخیر در پرداخت را می‌دهد. به این طریق که محصول را می‌فروشد و هزینهٔ آن را با تأخیر زمانی و به همراه درصدی سود، با قیمت عمده‌فروشی کمتر از قیمت معمول پرداخت می‌کند. تحت این قرارداد توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش به‌صورت زیر تغییر می‌کنند.

تابع سود تولیدکننده

تولیدکننده محصول را با w' کمتر از w به خرده‌فروش می‌فروشد؛ بنابراین تابع سود تولیدکننده تحت این قرارداد به‌صورت رابطهٔ ۴ حاصل می‌شود:

$$\prod_M=(w-o-he^2)D-c[(l-e)D-C]-rwDt \qquad (۴)$$

تابع سود خرده‌فروش

خرده‌فروش با تأخیر زمانی t و درصد سود r هزینهٔ خرید را متحمل می‌شود و درنتیجه تحت این قرارداد عبارت دوم به تابع سود او اضافه می‌شود:

$$\prod_R=(p-w)D+rwDt \qquad (۵)$$

روش حل

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، برای حل مدل این مطالعه از رویکرد استکلبرگ استفاده شد. در این روش، یکی از اعضای زنجیرهٔ تأمین نقش رهبر و دیگری نقش پیرو را ایفا می‌کند. در این مطالعه، تولیدکننده رهبر بازی استکلبرگ است. روش حل نیز به این‌گونه است که رهبر براساس بهترین پاسخ پیرو مقادیر بهینهٔ متغیرهای تصمیم خود را برمی‌گزیند تا بتواند سود خود را به ماکزیمم مقدار ممکن برساند و هزینه‌های خود را کاهش دهد. در این روش، پاسخ پیرو به معنای انتخاب بهینهٔ مقدار متغیرهای تصمیم خویش است. در این زنجیره، خرده‌فروش به‌عنوان پیرو، بهینهٔ متغیرهای تصمیم خود را برمی‌گزیند. سپس تولیدکننده به‌عنوان رهبر بازی مقادیر بهینهٔ متغیرهای تصمیم خود را انتخاب می‌کند. براساس این تعاریف، روش حل به‌صورت زیر خواهد بود. با جای‌گذاری تابع تقاضا در تابع سود خرده‌فروش داریم:

$$\prod_R=(p-w)(ae+\alpha-\beta p) \qquad (۶)$$

از تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی مشتق گرفته و مساوی صفر قرار می‌دهیم $\frac{\partial\prod_R}{\partial p}=0$:

$$p=\frac{ae+\alpha+w\beta}{2\beta} \qquad (۷)$$

P به‌دست‌آمده را در تابع تقاضا جای‌گذاری می‌کنیم و D را به‌دست می‌آوریم:

$$D=\frac{ae+\alpha-w\beta}{2} \qquad (۸)$$

از رابطهٔ ۸ با جابه‌جایی w به‌دست می‌آید:

$$w=\frac{ae+\alpha-2D}{\beta} \qquad (۹)$$

با جای‌گذاری w در تابع سود تولیدکننده رابطهٔ ۱۰ به‌دست می‌آید:

$$\prod_M=(\frac{ae+\alpha-2D}{\beta}-o-he^2)D \qquad (۱۰)$$
$$-c[(l-e)D-C]$$

با مشتق‌گیری از تابع سود تولیدکننده نسبت به D و eرابطهٔ ۱۱ حاصل می‌شوند:

$$\frac{\partial\prod_M}{\partial D\partial e}=\frac{a}{\beta}-2he+c \qquad (۱۱)$$

$$\frac{a}{\beta}+c>0,\quad \frac{a}{\beta}-2hl+c$$

که به معنای تأثیر سطح سازگاری با محیط بر سود حاشیه‌ای تولیدکننده است. می‌دانیم که $e\in[0,l]$، که از این راه ماکزیمم مقدار $\frac{a}{\beta}-2he+c$ برابر با $\frac{a}{\beta}+c>0$ و مینیمم مقدار $\frac{a}{\beta}-2he+c$ برابر با $\frac{a}{\beta}-2hl+c$ می‌شود. درنتیجه دو شرط زیر به‌دست می‌آید:

$$ifc>2hl-\frac{a}{\beta}\Rightarrow e^*=l$$

براساس شرط ۱، اگر در تمام اوقات، استفاده از فناوری سبز سود بیشتری از بازار معاملات کربن در مقایسه

با خرید اعتبار انتشار کربن داشته باشد (مقدار مینیمم به‌دست‌آمده در بالا که پیش‌تر به اثبات رسید، بیشتر از صفر است)، تولیدکننده ترجیح می‌دهد انتشار کربن واحد محصول را به صفر برساند و درنتیجه تمام اعتبارات اجازهٔ انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن بفروشد.

$$ifc \le 2hl - \frac{a}{\beta} \Rightarrow e^* = \frac{E}{2h}$$

که در آن $E = c + \frac{a}{\beta}$.

شرط ۲ نشان می‌دهد اگر استفاده از فناوری سبز همیشه سود بیشتری برای تولیدکننده نداشته باشد (مینیمم مقدار به‌دست‌آمده در بالا که پیش‌تر به اثبات رسید، کمتر از صفر است)، تولیدکننده انتشار کربن واحد محصول را تا جایی کاهش می‌دهد که سطح سازگاری با محیط محصول (سطح کاهش) تأثیری بر سود حاشیه‌ای تولیدکننده نداشته باشد. همچنین می‌توان دریافت که بهینهٔ سطح سازگاری با محیط محصول به‌کمک آگاهی زیست‌محیطی مشتری و قیمت معاملات اعتبارات انتشار افزایش می‌یابد. واضح است اگر شرط ۱ برقرار باشد، تولیدکننده تمام اعتبارات انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن می‌فروشد، اما اگر شرط ۲ برقرار باشد، تصمیم‌های معاملات انتشار کربن تولیدکننده به‌صورت زیر خواهد بود:

۱. اگر میزان از پیش تعیین‌شدهٔ انتشار کربن از کل میزان انتشار بهینهٔ تولیدکننده بیشتر باشد، تولیدکننده اعتبارات انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن خواهد فروخت.

۲. اگر میزان از پیش تعیین‌شدهٔ انتشار کربن از کل میزان انتشار کربن تولیدکننده کمتر باشد، تولیدکننده اعتبار انتشار کربن را از بازار معاملات کربن خریداری خواهد کرد.

۳. اگر میزان از پیش تعیین‌شدهٔ انتشار کربن با کل میزان انتشار کربن بهینهٔ تولیدکننده برابر باشد، تولیدکننده هیچ‌گونه معامله‌ای با بازار معاملات کربن انجام نخواهد داد.

در ادامه به بررسی این دو شرط در هریک از قراردادهای تأخیر در پرداخت، تسهیم درآمد و تسهیم هزینه می‌پردازیم.

روش حل قرارداد تأخیر در پرداخت

در این بخش از مقاله، ابتدا به اثبات تقعر توابع سود تولیدکننده و خرده‌فروش پرداخته می‌شود تا بتوان با اطمینان خاطر به محاسبهٔ مقدار بهینهٔ متغیر تصمیم پرداخت. سپس مانند روش درپیش گرفته‌شده در حالت بدون قرارداد، حل مدل در حالت اتخاذ قرارداد تأخیر در پرداخت صورت می‌گیرد و روند حل به‌صورت قدم‌به‌قدم در این بخش به‌تفصیل بیان می‌شود:

قضیهٔ ۱. تابع سود خرده‌فروش مقعر است.

اثبات. با مشتق دوم‌گیری از تابع سود خرده‌فروش نسبت به p تابع سود خرده‌فروش مقعر است.

$$\prod_R = (p-w)(ae+\alpha-\beta p) + rwt(ae+\alpha-\beta p)$$

$$\frac{\partial \prod_R}{\partial p} = ae + \alpha - 2\beta p + w\beta - rwt\beta$$

$$\frac{d^2 \prod_R}{dp^2} = -2\beta, \beta > 0 \Rightarrow \frac{d^2 \prod_R}{dp^2} < 0 \Rightarrow concave$$

قضیهٔ ۲. تابع سود تولیدکننده مقعر است.

اثبات. با مشتق دوم‌گیری از تابع سود تولیدکننده نسبت به D، تابع سود تولیدکننده مقعر به‌دست می‌آید.

$$\prod_M = (\frac{2D-ae-\alpha}{\beta(rt-1)} - o - he^2)D$$
$$-c[(l-e)D - C] - rDt(\frac{2D-ae-\alpha}{\beta(rt-1)})$$

$$\frac{\partial \prod_M}{\partial D} = (\frac{4D-al-\alpha}{\beta(rt-1)})(1-rt) - o - hl^2$$

$$\frac{d^2 \prod_M}{dD^2} = 0 \to -\frac{4}{\beta}, \beta > 0 \Rightarrow \frac{d^2 \prod_M}{dD^2} < 0 \Rightarrow concave$$

با استفاده از روند طی‌شده در بالا در قرارداد تأخیر در پرداخت نیز مقادیر p, D, w محاسبه می‌شود و نتایج به‌صورت زیر خواهد بود؛ ابتدا با جای‌گذاری تابع تقاضا در تابع سود خرده‌فروش آغاز می‌شود:

$$\prod_R = (p-w)(ae+\alpha-\beta p) + rwt(ae+\alpha-\beta p) \quad (۱۲)$$

از تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی مشتق گرفته می‌شود که مساوی صفر است، $\frac{\partial \prod_R}{\partial p} = 0$:

$$\frac{\partial \prod_R}{\partial p} = 0 \to ae + \alpha - 2\beta p + w\beta - rw\beta t = 0 \quad (۱۳)$$

P به‌صورت رابطهٔ ۱۴ حاصل می‌شود:

$$p=\frac{ae+\alpha+w\beta-rw\beta t}{2\beta} \quad (۱۴)$$

P به‌دست‌آمده در تابع تقاضا جای‌گذاری می‌شود و D به‌دست می‌آید:

$$D=\frac{ae+\alpha-w\beta+rw\beta t}{2} \quad (۱۵)$$

از رابطهٔ ۱۵ با جابه‌جایی w به‌دست می‌آید:

$$w=\frac{2D-ae-\alpha}{\beta(rt-1)} \quad (۱۶)$$

w محاسبه‌شده در تابع سود تولیدکننده جای‌گذاری می‌شود و سپس شرط اول صورت می‌گیرد:

$$\prod_M=(\frac{2D-ae-\alpha}{\beta(rt-1)}-o-he^2)D \quad (۱۷)$$
$$-c[(l-e)D-C]-rDt(\frac{2D-ae-\alpha}{\beta(rt-1)})$$

$$\prod_M=(\frac{2D-al-\alpha}{\beta(rt-1)}-o-hl^2)D \quad (۱۸)$$
$$+cC-rDt(\frac{2D-al-\alpha}{\beta(rt-1)})$$

از تابع سود حاصل‌شده براساس شرط اول نسبت به D مشتق‌گرفته مساوی صفر قرار داده می‌شود:

$$\frac{\partial\prod_M}{\partial D}=0\rightarrow\prod_M=\frac{4D-al-\alpha}{\beta(rt-1)} \quad (۱۹)$$
$$-o-hl^2-rt(\frac{4D-al-\alpha}{\beta(rt-1)})=0$$

$$(\frac{4D-al-\alpha}{\beta(rt-1)})(1-rt)-o-hl^2=0 \quad (۲۰)$$

D بهینه به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$D^*=\frac{al+\alpha-\beta(o+hl^2)}{4} \quad (۲۱)$$

با جای‌گذاری بهینهٔ تقاضا در w، قیمت عمده‌فروشی بهینه به‌صورت رابطهٔ ۲۲ به‌دست می‌آید:

$$w=\frac{2(\frac{al+\alpha-\beta(o+hl^2)}{4})-al-\alpha}{\beta(rt-1)} \quad (۲۲)$$

$$w^*=\frac{al+\alpha+\beta(o+hl^2)}{2\beta(1-rt)} \quad (۲۳)$$

با استفاده از شرط دوم و با جای‌گذاری w، نتایج این قرارداد به‌صورت رابطهٔ ۲۴ حاصل می‌شود:

$$\prod_M=(\frac{2D-a(\frac{E}{2h})-\alpha}{\beta(rt-1)}-o-h(\frac{E}{2h})^2)D \quad (۲۴)$$
$$-c[(l-\frac{E}{2h})D-C]-rDt(\frac{2D-a(\frac{E}{2h})-\alpha}{\beta(rt-1)})$$

از تابع سود به‌دست‌آمده نسبت به D مشتق می‌گیریم که مساوی صفر قرار داده می‌شود:

$$\frac{\partial\prod_M}{\partial D}=0\rightarrow\prod_M=\frac{4D-a(\frac{E}{2h})-\alpha}{\beta(rt-1)}-h(\frac{E}{2h})^2 \quad (۲۵)$$
$$-o-c(l-\frac{E}{2h})-rt(\frac{4D-a(\frac{E}{2h})-\alpha}{\beta(rt-1)})=0$$

محاسبات ریاضی به‌منظور دستیابی به مقدار بهینهٔ تقاضا انجام می‌شود:

$$\frac{4D-a(\frac{E}{2h})-\alpha}{\beta(rt-1)}(1-rt)-\frac{E}{2h}(\frac{E}{2}-c)-o-cl=0 \quad (۲۶)$$

$$\frac{\alpha+a(\frac{E}{2h})}{\beta}-\frac{(\frac{a}{\beta})^2-c^2}{4h}-o-cl=\frac{4D}{\beta} \quad (۲۷)$$

$$D^*=\frac{1}{4}(\alpha+a(\frac{E}{2h})-\beta(\frac{(\frac{a}{\beta})^2-c^2}{4h}+o+cl)) \quad (۲۸)$$

با جای‌گذاری بهینهٔ تقاضا در فرمول w، قیمت عمده‌فروشی بهینه به‌دست می‌آید:

$$w=\frac{\frac{1}{2}(-\alpha-a(\frac{E}{2h})-\beta(\frac{(\frac{a}{\beta})^2-c^2}{4h}+o+cl))}{\beta(rt-1)} \quad (۲۹)$$

$$w^*=\frac{[-a(\frac{E}{2h})-\beta(\frac{(\frac{a}{\beta})^2-c^2}{4h}+o+cl)-\alpha]}{2\beta(rt-1)} \quad (۳۰)$$

مثال عددی و نتایج

در این بخش برای نشان‌دادن نتایج بخش قبل از مثال عددی استفاده می‌شود. مقادیری مدنظر برای پارامترها، مقادیری هستند که در شروط مسئله صدق می‌کنند. فرض می‌شود که $C=100ton/ye$، $\alpha=15unit/year$، $r=0.1$، $c=6,7$، $l=2ton/unit$، $a=1unit^2/ton/year$، $o=1\$/unit$، $h=2.5\$unit/ton^2$، $t=1/4year$ و $\beta=0.3$ از نتایج به‌دست‌آمده از این مثال عددی و براساس شرط اول و دوم جدول ۱ و ۲ به‌دست می‌آید:

جدول ۱. نتایج مثال تحت قرارداد تأخیر در پرداخت و نیز شرط اول

	p^{*C1}	w^{*C1}	D^{*C1}	$\prod_{SC}^{*C1}$
قرارداد تأخیر در پرداخت	۴۵/۲۵	۳۴/۷۰۰۹	۳/۴۲۵	**۸۱۷/۳۰۶۲**

جدول ۲. نتایج مثال تحت قرارداد تأخیر در پرداخت و نیز شرط دوم

	p^{*C2}	w^{*C2}	D^{*C2}	$\prod_{SC}^{*C2}$
قرارداد تأخیر در پرداخت	۴۴/۷۹۴	۳۴/۲۲۲	۳/۴۲۸	۷۱۷/۵۳

تحلیل حساسیت

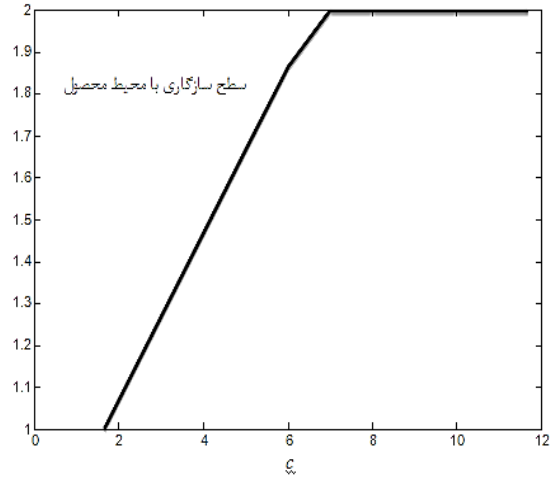
در اثر افزایش قیمت معاملهٔ کربن، سطح سازگاری با محیط محصول در ابتدا افزایش می‌یابد و سپس ثابت باقی می‌ماند؛ زیرا با افزایش قیمت معاملهٔ کربن، تولیدکننده اعتبارات انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن می‌فروشد؛ درنتیجه مقادیر تولید ثابت باقی خواهد ماند. این عمل تأثیر مستقیمی بر سطح سازگاری با محیط محصول خواهد داشت (شکل ۱). به‌دنبال افزایش قیمت معاملهٔ کربن، اعتبارات انتشار کربن به بازار معاملات کربن فروخته خواهد شد؛ زیرا خریداری این اعتبارات سبب افزایش هزینه‌های تولیدکننده می‌شود. همچنین مقادیر تولید در ابتدا کاهش می‌یابد، سپس ثابت باقی می‌ماند. این امر در سناریوی قرارداد تأخیر در پرداخت به‌وضوح قابل‌مشاهده است. قرارداد تأخیر در پرداخت توانایی هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین را دارد و قراردادی کارآمد به‌شمار می‌آید (شکل ۲). با افزایش قیمت معاملهٔ کربن و کاهش مقادیر تولید، تولیدکننده قیمت عمده‌فروشی را برای دستیابی به سود مدنظر افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، ثابت‌ماندن تقاضا و درنتیجه مقدار تولید سبب ثابت باقی‌ماندن قیمت عمده‌فروشی می‌شود (شکل ۳). قیمت خرده‌فروشی یا همان قیمت فروش نیز با افزایش قیمت عمده‌فروشی افزایش می‌یابد و با ثابت‌شدن آن ثابت باقی می‌ماند (شکل ۴). با افزایش قیمت معاملهٔ کربن، تولیدکننده اعتبارات انتشار کربن خود را به بازار معاملات کربن می‌فروشد؛ درنتیجه منجر به افزایش سود زنجیرهٔ تأمین می‌شود (شکل ۵). مقادیر مختلف پتانسیل اولیهٔ بازار به سود متفاوتی برای زنجیرهٔ تأمین می‌انجامد؛ به‌طوری‌که افزایش در مقدار این پتانسیل، منجر به سطح بالاتری از تأمین محصول از سوی خرده‌فروش برای مشتریان می شود و سبب افزایش تولیدات تولیدکننده می شود. درنهایت تمام این عوامل سبب ایجاد سود بیشتر برای هریک از اعضا و زنجیرهٔ تأمین می‌شود. از سوی دیگر، کاهش مقدار پتانسیل اولیهٔ بازار به شکلی مشابه سبب کاهش توزیع محصول از سوی خرده فروش به مشتری می شود و درنتیجه به کاهش تولید از جانب تولیدکننده می‌انجامد. این‌ها نیز سبب تأثیر منفی بر سود زنجیرهٔ تأمین و کاهش سود اعضا و سود زنجیرهٔ تأمین می‌شوند (شکل ۶).

جدول ۳. تأثیر تغییرات پارامترها بر متغیرهای تصمیم و سود زنجیرهٔ تأمین تحت قرارداد تأخیر در پرداخت

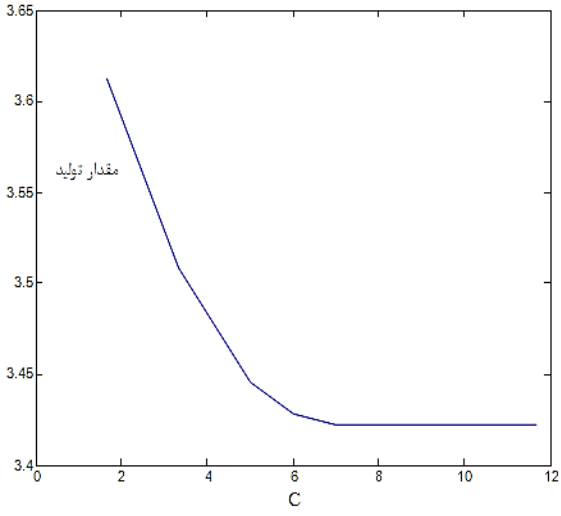
درصد تغییرات پارامترها		مقادیر پارامترها	سناریوی تأخیر در پرداخت					
			تأثیر تغییرات پارامترهای کلیدی بر متغیرهای تصمیم و توابع سود					
			p^{*C1}	w^{*C1}	p^{*C2}	w^{*C2}	$\prod_{SC}^{*C1}$	$\prod_{SC}^{*C2}$
α	+۷۵	۲۶/۲۵	۷۳/۳۷۵	۵۳/۹۳۲	۷۲/۹۱۹	۵۳/۴۵۳	۱۰۸۹/۱	۹۸۹/۴۸
	+۵۰	۲۲/۵	۶۴	۴۷/۵۲۱	۶۳/۵۴۴	۴۷/۰۴۳	۹۸۰/۹	۸۸۱/۲۵
	+۲۵	۱۸/۷۵	۵۴/۶۲۵	۴۱/۱۱۱	۵۴/۱۶۹	۴۰/۶۳۲	۸۹۰/۳۱	۸۹۰/۶۱
	-۲۵	۱۱/۲۵	۳۵/۸۷۵	۲۸/۲۹۱	۳۵/۴۱۹	۲۷/۸۱۲	۷۶۱/۸۸	۶۶۲/۰۴
	-۵۰	۷/۵	۲۶/۵	۲۱/۸۸۸	۲۶/۰۴۴	۲۱/۴۰۲	۷۲۴/۰۲	۶۲۴/۱۳
	-۷۵	۳/۷۵	۱۷/۱۲۵	۱۵/۴۷	۱۶/۶۶۹	۱۷۹۹۱	۷۰۳/۷۵	۶۰۳/۷۹
c	+۷۵	۱۱/۶۷	۴۵/۲۵	۳۴/۷۰۱	-	-	۱۲۸۴/۶	-
	+۵۰	۱۰/۰۰۵	۴۵/۲۵	۳۴/۷۰۱	-	-	۱۱۱۷/۸	-
	+۲۵	۸/۳۳۷۵	۴۵/۲۵	۳۴/۷۰۱	-	-	۹۵۱/۰۶	-
	-۲۵	۵/۰۰۲۵	-	-	۴۴/۷۰۱	۳۳/۴۲۱	-	۶۱۸/۹۸
	-۵۰	۳/۳۳۵	-	-	۴۲/۷۵۱	۳۱/۸۵۴	-	۴۵۶/۵۸
	-۷۵	۱/۶۶۷۵	-	-	۴۱/۲۹۲	۳۰/۰۰۱	-	۲۹۷/۲۵

جدول ۴. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر سطح سازگاری با محیط محصول

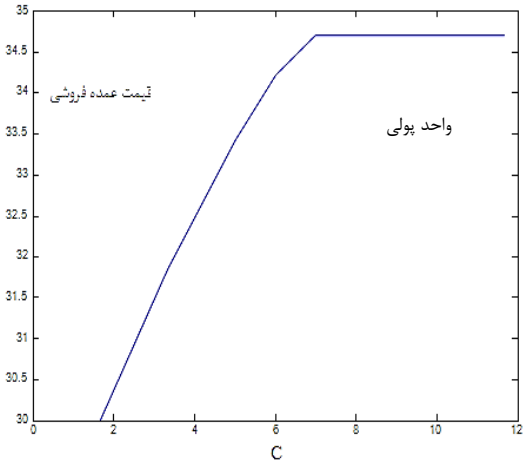
	e^{C1}	e^{C2}
c=۱۱/۶۷/۲۵	۲	-
c=۱۰/۰۰۵	۲	-
c=۸/۳۳۷۵	۲	-
c=۷	۲	-
c=۶	-	۱/۸۶۶۷
c=۵/۰۰۲۵	-	۱/۶۶۷۲
c=۳/۳۳۵	-	۱/۳۳۳۷
c=۶	-	۱/۰۰۰۲



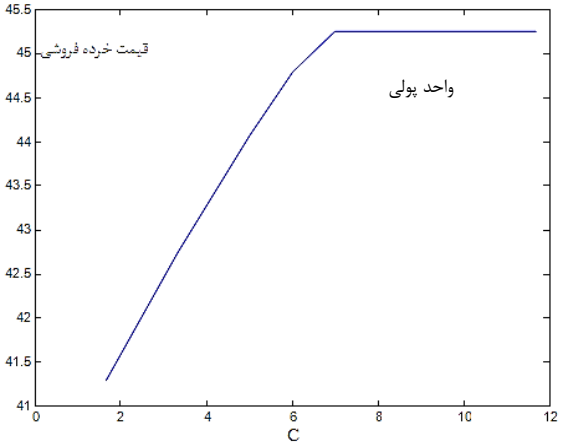
شکل ۱. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر سطح سازگاری با محیط محصول



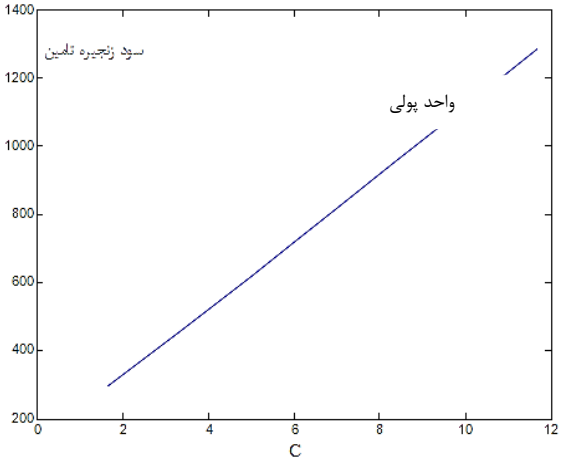
شکل ۲. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر میزان تولید



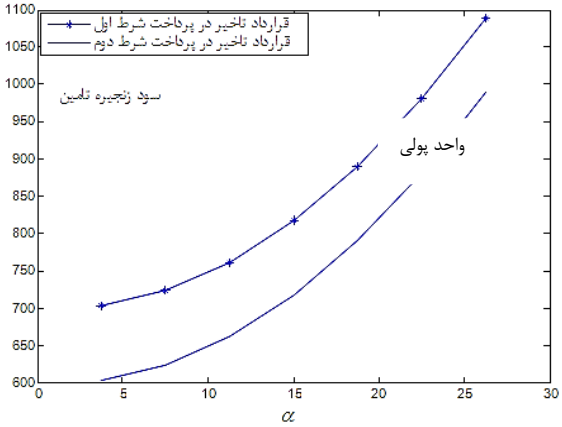
شکل ۳. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر قیمت عمده‌فروشی تحت قرارداد تأخیر در پرداخت



شکل ۴. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر قیمت خرده‌فروشی تحت قرارداد تأخیر در پرداخت



شکل ۵. تأثیر قیمت معاملهٔ کربن بر سود زنجیرهٔ تأمین تحت قرارداد تأخیر در پرداخت



شکل ۶. تأثیر پتانسیل اولیهٔ بازار بر سود زنجیرهٔ تأمین تحت قرارداد تأخیر در پرداخت

نتیجه‌گیری

در این مقاله، زنجیرهٔ تأمین دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش بررسی شد و معرفی قانون کپ اند ترید و بازار معاملات کربن صورت گرفت. همچنین به هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین مدنظر تحت قانون کپ اند ترید، به‌کمک قرارداد تأخیر در پرداخت اقدام شد. در ابتدا، تعیین سطح بهینهٔ سازگاری با محیط محصول و تصمیم‌های تولید تحت قرارداد تأخیر در پرداخت صورت گرفت. سپس دو شرط سطح سازگاری با محیط بر این قرارداد اعمال شد و متغیرهای تصمیم و سود زنجیرهٔ تأمین برای این قرارداد به‌دست آمد. همچنین نحوهٔ عملکرد زنجیرهٔ تأمین در اثر اعمال این قرارداد بررسی شد. با تجزیه و تحلیل تأثیر اعمال قرارداد تأخیر در پرداخت بر زنجیرهٔ تأمین پیش‌گفته و تحت قانون کپ اند ترید نتایج زیر به‌دست آمد:

۱. با افزایش قیمت معاملهٔ کربن: ۱. در ابتدا مقادیر بهینهٔ تولید کاهش می‌یابد، سپس ثابت باقی می‌ماند؛ ۲. سطح سازگاری با محیط بهینه در ابتدا افزایش می‌یابد، سپس ثابت باقی می‌ماند؛ ۳. قیمت عمده‌فروشی و قیمت خرده‌فروشی در ابتدا افزایش می‌یابد، سپس ثابت باقی می‌ماند؛ ۴. سود زنجیرهٔ تأمین افزایش می‌یابد.

۲. تولیدکننده و خرده‌فروش برای کاهش میزان انتشار کربن می‌توانند با یکدیگر همکاری کنند. همکاری این دو عضو زنجیرهٔ تأمین هیچ‌گونه تأثیر منفی بر سود آن‌ها نخواهد داشت.

۳. استفاده از فناوری سبز منجر به بهبود پارتو می‌شود و این امر به ارجحیت در این زمینه نسبت به شرکت‌هایی که از فناوری سبز استفاده نمی‌کنند، می‌انجامد.

۴. قرارداد تأخیر در پرداخت قادر به هماهنگ‌سازی زنجیرهٔ تأمین است.

۵. افزایش پتانسیل اولیهٔ بازار منجر به سود بیشتری تحت قرارداد تأخیر در پرداخت می‌شود و برعکس.

پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

زنجیرهٔ تأمین درنظر گرفته‌شده در این پژوهش تک‌محصولی است. می‌توان برای پژوهش‌های آتی از زنجیرهٔ تأمین‌های دومحصوله یا چندمحصوله استفاده کرد. تقاضا قطعی درنظر گرفته شده است. در پژوهش‌های آتی می‌توان از تابع تقاضای تصادفی و احتمالی استفاده کرد و قانون کپ اند ترید را در انواع دیگر زنجیرهٔ تأمین به‌کار برد؛ از جمله زنجیرهٔ تأمین‌های سه‌سطحی، یا زنجیرهٔ تأمین‌های دوکاناله و... همچنین می‌توان شرکت‌ها را به دو دستهٔ شرکت‌هایی با انتشار کربن بیش‌ازحد مجاز و شرکت‌هایی با انتشار کربن کمتر از حد مجاز تقسیم کرد و به سیاست‌های درنظر گرفته‌شده از سوی آنان پرداخت.

منابع

1. European Commission, (2006). *Questions and Answers on Emission Trading and National Allocation Plans*, http://europa.eu/rapid/press-release_memo-06-452_en.htm?locale=en.
2. Hua, G., Cheng, T. C. E., and Wang, Sh., (2011). "Managing Carbon Footprints in Inventory Management", *Int. J. Prod. Econ*, Vol. 132, No. 2, PP. 178-185.
3. Xu, X., He, P., Xu, H., and Zhang, Q., (2017). "Supply Chain Coordination with Green Technology Under Cap-and-Trade Regulation", *Int. J. Prod. Econ*, Vol. 183, PP. 433-442.
4. Xu, X., Xu, X., and He, P., (2015a). "Joint Production and Pricing Decisions for Multiple Products with Cap-and-Trade and Carbon Tax Regulations", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 112, No. 5, PP. 4093-4106.
5. Arshinder Kanda, A., and Deshmukh, S. G., (2009). "A Framework for Evaluation of Coordination by

Contracts: A Case of Two Level Supply Chains", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 56, No. 4, PP. 1177-1191.
6. Krishnan, H., and A. Winter, R., (2011). "On the Role of Revenue-Sharing Contracts in Supply Chains", *Operation Research Letters.* Vol. 39, No. 1, PP. 28-31.
7. Panda, Sh., (2014). "Coordination of a Socially Responsible Supply Chain Using Revenue Sharing Contract", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 67, No. 7, PP. 92-104.
8. Seifbarghy, M., Nouhi, Kh., and Mahmoudi, A., (2015). "Contract Design in a Supply Chain Considering Price and Quality Dependent Demand with Customer Segmentation", *Int. J. Prod. Econ,* Vol. 167, PP. 108-118.
9. Sluis, S., and De Giovanni, P., (2016). "The Selection of Contracts in Supply Chains: An Empirical Analysis", *J. Operations Management,* Vol. 41, No. 1, PP. 1-11.
10. Xu, X., Zhang, W., and He, P., (2017). "Production and Pricing Problems In Make-to-Order Supply Chain With Cap-and-Trade Regulation", *Omega,* Vol. 66, No. B, PP. 248-257.
11. Jin, M., A. Granda-Marulanda, N., Down, I., (2014). "The Impact of Carbon Policies on Supply Chain Design and Logistics of a Major Retailer", *J. Cleaner Production,* Vol. 85, No. 2014, PP. 453-461.
12. Zakeri, A., Dehghanian, F., Fahimnia, B., and Sarkis, J. (2015). "Carbon Pricing Versus Emissions Trading: A Supply Chain Planning Perspective", *Int. J. Prod. Econ,* Vol. 164, No. 6, PP. 197-205
13. Du, Sh., Hu, Li., and Song, M., (2016). "Production Optimization Considering Environmental Performance and Preference in the Cap-and-Trade System", *J. Cleaner Production,* Vol. 112, No. 2, PP. 1600-1607.
14. Ji, J., Zhang, Zh., Yang, L., (2017). "Carbon Emission Reduction Decisions in the Retail-/Dual-Channel Supply Chain with Consumers Preference", *J. Cleaner Production,* Vol. 141, No. 2017, PP. 852-867.
15. Cao, K., Xu, Xiaoping., Wu, Q., and Zhang, Q., (2017). "Optimal Production and Carbon Emission Reduction Level Under Cap-and-Trade and Low Carbon Subsidy Policies", *J. Cleaner Production,* Vol. 167, No. 2017, PP. 505-513.
16. Huang, Y., Q. Huang, G., and T. Newman, S., (2011). "Coordinating Pricing and Inventory Decisions in a Multi-Level Supply Chain: A Game Theoretic Approach", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.* Vol. 47, No. 2, PP. 115-129.
17. Ding, H., Zhao, Q., An, Zh., Xu, J., and Liu, Q., (2015). "Pricing Strategy of Environmental Sustainable Supply Chain with Internalizing Externalities", *Int. J. Prod. Econ*, Vol. 170, No. B, PP. 563-575.
18. Chaab, J., and Rasti-Barzoki, M., (2016). "Cooperative Advertising and Pricing in a Manufacturer-Retailer Supply Chain with a General Demand Function; A Game Theoretic Approach", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 99, No. 2016, PP. 112-123.
19. Jingxian, Ch., Liang, L., Dong-Qing, Y., and Shengan, S., (2017). "Price and Quality Decisions in Dual-Channel Supply Chains", *European J. Operational Research*, Vol. 259, No. 3, PP. 935-948.
20. Liu, P., and Yi, Sh., (2017). "Pricing Policies of Green Supply Chain Considering Targeted Advertising and Product Green Degree in the Big Data Environment". *J. Cleaner Production,* Vol. 164, No. 2017, PP. 1614-1622.
21. Wang, Q., Zhao., D., and He, L., (2016). "Contracting Emission Reduction Foe Supply Chains Considering Market Low-Carbon Preference", *J. Cleaner Production*. Vol. 120, No. ???, PP. 84-72.
22. Aljazzar, S, M., Gurtu, A., and Y., Jaber, M., (2018). "Delay-in-Payments-A Strategy to Reduce Carbon Emissions From Supply Chains", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 170, No. 2017, PP. 636-644.
23. Madani, S, R., and Rasti-Barzoki, M., (2017). "Sustainable Supply Chain Management with Pricing, Greening and Governmental Tariffs Determining Strategies: A Game-Theoretic Approach", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 105, PP. 287-298.

واژگان انگلیسی به‌ترتیب استفاده در متن

1. Cap and Trade
2. Coordination
3. Game Theory
4. Pricing
5. Motivate Contract
6. Delay in Payment Contract
7. Carbon Trading Market

8. Carbon Credits
9. Global Warming
10. Carbon Emission Reduction
11. Eco-Friendly Level
12. Carbon Cap
13. Lot for Lot