پژوهش و فناوری محیط زیست،۱۴۰۰ ۶(۹)، ۵۱-۵۷

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.acecr.ir

پژوهشکده محیط زیست

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

پیش‌بینی قیمت تعدیل شده کربن با استفاده از تجزیه وتحلیل سری‌های زمانی

رؤیا عابدی[*1]

۱- استادیار گروه جنگلداری دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

چکیده

بسیاری از ابزارهای اقتصادی برای کاهش تغییر اقلیم ارائه و به کار گرفته شده‌اند. تجارت کربن یکی از این ابزارهای مبتنی بر بازار است که به عنوان روشی مقرون به صرفه و مناسب برای تغییر اقلیم و موضوعات محیط زیستی شناخته شده است. امروزه موضوع ترسیب کربن و تولید انرژی زیستی در مقابل سوخت‌های فسیلی بسیار مورد توجه دولت‌ها قرار دارد و تلاش‌های بسیاری برای کاهش یا کنترل انتشار دی‌اکسیدکربن از این طریق انجام شده است. هدف از این مطالعه بررسی نوسانات قیمت کربن و پیش بینی روند قیمت بر این اساس داده‌های تاریخی قیمت کربن در سری زمانی ۲۰۰۵- ۲۰۲۰ است. داده‌ها پس از حذف تورم توسط آنالیز رگرسیون بر پایه آزمون دیکی- فولر مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد روند قیمت کربن در طی این دوره دارای نوسان بوده است. میانگین قیمت مورد انتظار کربن ۳،۳۰۳،۵۸۹ ریال می‌باشد.

کلید واژه‌ها: کربن، تغییر اقلیم، قیمت، پروتکل کیوتو

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: royaabedi@tabrizu.ac.ir

Journal of Environmental Research and Technology, 6(10)2021. 51-57

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Prediction of carbon price forecast using time series analysis

Roya Abedi[1]

1- Assistant Professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Iran

Abstract

Many economic tools have been proposed and used to reduce climate change. Carbon trading is one of these market-based tools that is recognized as a cost-effective way to change climate and environmental issues. Today, the issue of carbon sequestration and bioenergy production versus fossil fuels is great concern of governments, and many efforts have been made to reduce or control carbon dioxide emissions. The aim of this study is to investigate carbon price fluctuations and predict price trends based on historical carbon price data in the time series 2005-2020. Data were analyzed by regression analysis based on Fuller augmented Dicky after eliminating inflation. The results show that the trend of carbon prices has fluctuated during this period. The average expected price of carbon is 3,303,589 Iranian Rials.

Keywords: Carbon, Climate change, Price, Kyoto Protocol

* Corresponding author E-mail address: royaabedi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

در سال ۲۰۰۵ میلادی پروتکلی در کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل اجرایی شد که مطابق آن کشورهای توسعه یافته متعهد شدند در راستای کاهش اثرات پدیده گلخانه ای که موجب گرمایش زمین و تغییراقلیم در مناطق مختلف کره خاکی شده است، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را به میزان معینی کاهش دهند. این پروتکل که به پروتکل کیوتو شهرت یافته است مکانیزم‌هایی را برای اجرایی شدن این تعهدات پیش‌بینی نموده است. پروتکل کیوتو اولین گام به سوی رسیدن به اهداف کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل در راستای حفاظت و افزایش ذخایر و منابع کربن است (Robertson et al., 2004). بسیاری از توافقنامه‌های ملی و بین المللی از جمله توافق‌نامه پاریس و کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل بر ثبات کربن جو تاکید دارند. جذب و ذخیره کربن فرآیندی حیاتی در مبارزه جهانی با تغییر اقلیم است. با جذب و ذخیره دی‌اکسیدکربن انتشاریافته حاصل از سوخت‌های فسیلی از صنایع و نیروگاه‌های مختلف در جو از اثر گلخانه ای جلوگیری به عمل می‌آید. به این عمل ترسیب کربن گفته می‌شود. عمل ترسیب کربن هم به‌طور طبیعی و هم مصنوعی امکان‌پذیر است. روش‌های مصنوعی بسیار پر هزینه است. مقادیر قابل توجهی از دی‌اکسیدکربن موجود در جو توسط منابعی مثل اقیانوس‌ها، سطح زمین مثل پوشش گیاهی، خاک و رسوبات گرفته و به فرم‌های دیگری از کربن ذخیره می‌شود. Zhou and Gao (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر تجارت کربن بر مدیریت جنگل‌کاری‌های سریع‌الرشد زود بازده پرداختند. برای تعیین اثر قیمت کربن بر سن بهینه بهره‌برداری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که قیمت کنونی کربن باعث افزایش یک سال بر سن بهره‌برداری بهینه در توده‌های ضعیف و متوسط می‌شود. از این روش در تولید انرژی زیستی استفاده می‌شود که سازگار با محیط زیست است. انرژی زیستی به معنای استفاده از هر نوع ماده گیاهی برای تولید انرژی می‌باشد که گیاه مورد نظر باید توانایی تولید بیوماس بالایی را در کوتاه مدت داشته باشد مانند گونه‌هایی از گراس‌ها و گونه‌های درختی صنوبر و بید. جنگل‌ها کم هزینه‌ترین روش از لحاظ اقتصادی برای کاهش اثرات گلخانه‌ای و سیاست‌های اقلیمی مربوط به تعادل کربن شناخته شده‌اند. ترسیب کربن در جنگل‌ها هم توسط بیوماس سطح و هم زیر زمین انجام می‌شود که این دو منبع مهم ذخیره کربن به هم مرتبط هستند. بنابراین به منظور کاهش کربن در جو می‌توان سیاست توسعه جنگل‌ها از طریق جنگل‌کاری‌ها را به کار برد. پروتکل کیوتو و توافق نامه پاریس طی مکانیسم توسعه پاک بر فعالیت‌های جنگل‌کاری برای کاهش گازهای گلخانه‌ای تاکید کرده‌اند. پتانسیل ترسیب کربن برای کمک به اهداف اقلیمی نه تنها به اندازه ذخایر کربن بلکه به مقایسه هزینه‌های استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز بستگی دارد. به‌طوری‌که مطالعات نشان داده هزینه نهایی افزایش ذخایر کربن به‌طور قابل توجهی کمتر از هزینه اقدامات کاهش انتشار کربن در جو است. امروزه موضوع ترسیب کربن و تولید انرژی زیستی در مقابل سوخت‌های فسیلی بسیار مورد توجه دولت‌ها قرار دارد و تلاش‌های بسیاری برای کاهش یا کنترل انتشار دی‌اکسیدکربن از این طریق انجام شده است. برای ترغیب به ترسیب کربن از طریق جنگل‌کاری باید پروژه از نظر اقتصادی توجیه پذیر باشد. در این راستا لازم است مدیریت بهینه جنگل‌ها در راستای حفظ و ذخیره کربن مورد توجه قرار گیرد (Assmuth & Tahvonen, 2018). با توجه به این که کشورهای عضو اپک بیشتر به فرایند رشد و توسعه توجه داشته‌اند و مباحث محیط زیستی در اولویت بعدی آنها قرار داشته، به جهت وابستگی اقتصاد کشورهای اپک به نفت و درآمدهای نفتی و نبود سیاست‌های الزام آور برای افزایش کارایی در مصرف انرژی روند افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن با افزایش درآمد تجربه این کشورهاست (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). ایران اگرچه در زمره کشورهای صنعتی جهان محسوب نمی‌شود، به واسطهٔ تولید نفت و فرآورده‌های نفتی که قسمت عمدهٔ صادرات و درآمد ناخالص ملی را شامل می‌شود، به طور غیر مستقیم سهم عمده ای در تولید مواد آلاینده از جمله دی‌اکسیدکربن در سطح جهانی دارد (ورامش و همکاران،۱۳۹۰). عضویت ایران در کنوانسیون تغییرات اقلیمی و پروتکل کیوتو از یک سو و وابستگی کشور به درآمدهای حاصل از تولید و فروش نفت از سوی دیگر، موضوع محیط زیست و تغییر اقلیم را مهم و قابل توجه نموده‌است. ایران در ۱۸ ژوئیه ۱۹۹۶ (۱۳۷۶) به عضویت کنوانسیون تغییر اقلیم درآمد. این کنوانسیون اولین سندی است که کشورها را برای رسیدگی به مسئله تغییر اقلیم متعهد می‌کند. لازم به ذکر است که اجلاس اعضا به عنوان عالی ترین رکن کنوانسیون است و متشکل از تمامی اعضایی است که به طور رسمی در مورد کنوانسیون به توافق رسیده و آن را به تصویب ملی رسانده‌اند. نقش این رکن، گسترش و بررسی اجرای تعهدات موجود را با در نظر گرفتن اهداف کنوانسیون، یافته‌های علمی جدید و تأثیر برنامه‌های مربوط به تغییر اقلیم کشورها بازنگری می‌کند و اختیار تصویب تعهدات جدید در قالب پروتکل‌های الحاقی به کنوانسیون را داراست. از سال ۱۹۹۵ تا کنون اجلاس اعضا به طور سالانه در کشورهای مختلف جهان تشکیل شده‌است. جمهوری اسلامی ایران نیز یکی از ده کشور جهان از لحاظ مصرف بالای مواد نفتی بوده‌است و در میان کشورهای اوپک نیز بیشترین میزان مصرف انرژی را دارا می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). مطابق با مکانیزم توسعه پاک به کشورهای متعهد اجازه داده می‌شود کاهش گازهای گلخانه ای را با همکاری و در صنایع کشورهای در حال توسعه یا توسعه نیافته انجام دهند و بدین ترتیب علاوه بر کاهش گازهای گلخانه‌ای، ضمن سرمایه‌گذاری و انتقال تکنولوژی و ایجاد اشتغال

به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست در کشورهای در حال توسعه یا توسعه نیافته کمک کنند. در روند اجرای مکانیزم توسعه پاک، کاهش گازهای گلخانه‌ای با اجرای طرح‌هایی نظیر کاهش مصرف سوخت، افزایش بهره‌وری انرژی در نیروگاه‌ها، شبکه انتقال، صنایع و غیره، جلوگیری از هدر رفت انرژی یا منابع انرژی، استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، جنگل‌کاری و غیره صورت می‌گیرد. با اجرای این طرح‌ها کشورهای توسعه نیافته علاوه بر جذب سرمایه خارجی و تکنولوژی بالاتر، درآمدهایی را نیز کسب می‌کنند. مقدار این درآمدها وابسته به شرایط و حدود طرح‌ها و توافق طرفین دارد لیکن برای کاهش هر تن گاز گلخانه‌ای پایه (دی‌اکسیدکربن) درآمدی نصیب صاحب پروژه می‌شود. این درآمد موجب هجوم موسسات مالی و سرمایه‌گذاری و جهش سریع بازار تجارت کربن گردیده است.

از سال ۲۰۰۵ تاکنون بیش از ۱۶۰۰پروژه در سراسر جهان به ثبت رسیده که کشورهایی نظیر چین با بیش از ۵۰۰ پروژه، هند با حدود ۴۰۰ پروژه و برزیل با حدود ۱۵۰پروژه جلودار استفاده از این فرصت بین‌المللی هستند و تاکنون از مجموع حدود ۲۸۵ میلیون تن کاهش گاز گلخانه‌ای، چین به تنهایی با حدود ۱۴۲میلیون تن قریب به ۵۰ درصد بازار را به خود اختصاص داده است. مطابق اعلام سازمان ملل این تعداد پروژه ثبت شده، منجر به کاهش حدود ۲۹۶ میلیون تن دی‌اکسیدکربن در سال می‌شود و درآمدهای سالیانه چند میلیارد دلاری برای صاحبان پروژه‌ها به همراه دارد. این بازار با روند افزایشی بی وقفه‌ای ادامه دارد (سعید و رعایانی، ۱۳۹۲).

در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا حدود ۵ درصد دی اکسید کربن دنیا تولید می‌شود که بیش از نیمی از آن مرتبط با سوختن نفت است و نقش گاز طبیعی هم قابل توجه است. ایران بزرگ ترین تولیدکننده دی‌اکسیدکربن در این منطقه با تولید ۵۰۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ بوده که در جایگاه نهم دنیا نیز قرار دارد و حدود نیمی از آن در اثر سوختن گاز طبیعی ایجاد شده‌است. نکته قابل توجه این است که مصرف زغال سنگ که در سطح دنیا بیشترین میزان آلودگی را به خصوص در کشورهای چین و آمریکا ایجاد می‌کند، در این منطقه بسیار ناچیز است. با این اوصاف کشور ما پتانسیل بسیار بالایی در بخش‌های مختلف برای پیاده نمودن طرح‌های مکانیزم توسعه پاک دارد و تحصیل درآمدهای چند صد میلیون دلاری قابل دسترس است. این درآمدها علاوه بر حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار، جذب سرمایه‌گذاری خارجی، کاهش مصرف منابع، ایجاد اشتغال و غیره می‌باشد.

محمدی و محمدی لیمائی (۱۳۹۳) پیش‌بینی قیمت چوب گونه‌های جنگلی در استان گیلان با استفاده از تجزیه وتحلیل سری‌های زمانی را انجام دادند و قیمت گونه‌های زبان‌گنجشک، پلت، بلندمازو، کاج تدا، توسکای قشلاقی ۱/۳ تا ۲/۴ میلیون ریال به ازای هر مترمکعب به دست آمدند. حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) قیمت چوب سرپای برخی ازگونه‌های جنگل‌های خزری را با استفاده از سری‌های زمانی پیش بینی و بررسی نمودند. داده‌های تاریخی قیمت چوب سرپا گونه‌های اصلی جنگلی شامل راش، توسکا، افرا، ممرز، بلوط و انجیلی برای دوره ۲۰ ساله از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۹۶ گردآوری شدند. سپس اعتبار مدل‌های رگرسیونی توسط رگرسیون خطی چندگانه بررسی شد. نتایج نشان داد که قیمت‌های واقعی چوب سرپا در دوره‌های زمانی گذشته دارای نوسانات تصادفی بوده اند و فرضیه ناپایائی سری‌های زمانی رد شد. متوسط قیمت‌های چوب سرپا براساس فرایندهای خودکاهشی مرتبه اول تخمین زده شد که بین ۱/۲ تا ۲/۵ میلیون ریال به ازای هر مترمکعب به دست آمد. عابدی و همکاران (۱۳۹۹) سن بهره برداری و ارزش خالص فعلی ترسیب کربن را برای گونه صنوبر در استان گیلان مورد بررسی قرار دادند. قیمت کربن از مدل نامانا پیروی می‌کرد. Hoel و همکاران (۲۰۱۴) چهارچوب تئوری پویایی و ارتباط متقابل منابع چندگانه کربن جنگل با فرض یک افق زمانی نامحدود را مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق به بررسی مبانی تئوری مدل عددی پرداخته که هزینه اجتماعی کربن را که دلالت بر طولانی‌تر شدن چرخش بهینه می‌شود، مدنظر قرار می‌دهد و جایی که هزینه اجتماعی کربن به بیشتر از حد آستانه می‌رسد، جنگل نباید بهره‌برداری شود.

مواد و روش‌ها

- **معادله قیمت کربن**

با توجه به این که قیمت کربن دارای دامنه وسیعی است و در واقع مقدار مشخصی برای آن در دنیای واقعی تعریف نشده و قیمت کربن در طی زمان بسیار متغیر است. اگر اقدامات کاهش به شیوه‌ای مقرون به صرفه انجام شود، قیمت کربن در طی زمان ممکن است با نرخی افزایش یابد و نزدیک به بهره‌وری نهایی سرمایه برسد. از طرف دیگر نرخ رشد قیمت کربن باید به اندازه کافی کمتر از نرخ تنزیل باشد. هر دو نرخ باید برای حفظ تابع هدف مسئله بهینه‌سازی محدود و تقریبا با زمان متناهی مطابقت داشته باشد، بنابراین برای تعدیل قیمت کربن از داده‌های تاریخی قیمت کربن در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ ارائه شده توسط European Climate Exchange استفاده شد (Carbon Emissions Futures Historical Prices, 2017; Asante et al. 2011; Ekholm, 2016; Assmuth and Tahvonen, 2018).

دو دیدگاه در مورد برآورد قیمت‌ها در بین اقتصاددانان وجود دارد دیدگاه اول این است که قیمت از مدل خود کاهشی مانا[3] پیروی می‌کند (Olschewski & Benítez, 2010; Mohammadi Limaei, 2011). این بدین مفهوم است که تغییرات در یک دوره تأثیر زیادی بر روی قیمت دوره بعد نخواهد داشت و بهترین شیوه برآورد قیمت‌ها، میانگین قیمت‌های گذشته است. قیمت در این صورت می‌تواند با استفاده از معادله (۱) برآورد شود. به منظور پیش‌بینی قیمت کربن بر پایه آزمون دیکی- فولر رابطه رگرسیون، مدل پیش‌بینی قیمت ارائه شد.

$$P_{t+1} = \alpha + \beta P_t \qquad (۱)$$

که در آن، P_{t+1} قیمت در زمان t+1 ، P_t قیمت در زمان t، α و β ضرایبی که از طریق رگرسیون به‌دست آمده‌اند و $0 < \beta < 1$ است. دیدگاه دوم این است که قیمت نامانا[4] است و شرط مانایی را که قبلاً ذکر شد دارا نیست (Olschewski & Benítez, 2010; Mohammadi Limaei, 2011). یعنی قیمت در دوره یا سال آینده کاملاً به دوره یا سال ماقبل خودش وابسته است. قیمت در این صورت می‌تواند با استفاده از معادله (۲) برآورد شود.

$$P_{t+1} = \beta P_t \qquad (۲)$$

که در آن $\beta=1$ به دست می‌آید (Mohammadi Limaei, 2011).

به منظور پیش‌بینی قیمت کربن ابتدا مطابق معادله (۳) قیمت‌های اسمی به قیمت‌های واقعی یا تعدیل شده تبدیل شدند و تورم حذف شد. از شاخص بهای کالاها و خدمات مصرفی (CPI)[5] به منظور حذف تورم و به‌دست آوردن قیمت‌های واقعی (تعدیل شده) توسط بانک مرکزی استفاده شد و از رابطه (۳) برای محاسبه قیمت واقعی کربن مورد استفاده قرار گرفت (بانک مرکزی ایران، ۱۳۹۷).

داده‌های پولی بر اساس سال پایه تعدیل شدند و یا به عبارتی تصحیح پولی انجام گرفت و بر اساس آمار و داده‌های اقتصادی بانک مرکزی سال پایه مورد استفاده در این پژوهش سال ۱۳۹۶ بود بدیهی است چنان‌چه ماه مورد نظر اسفندماه باشد، به آن نرخ تورم سال مورد نظر می‌گویند.

$$P_I = \frac{P_t \times 100}{Y_t} \qquad (۳)$$

P_I: قیمت تعدیل شده به سال پایه، P_t: قیمت در سال t، Y_t: شاخص قیمت‌ها در سال t و عدد ۱۰۰ میزان شاخص قیمت‌ها در سال پایه (۱۳۹۶) است (محمدی‌لیمائی، ۱۳۸۸).

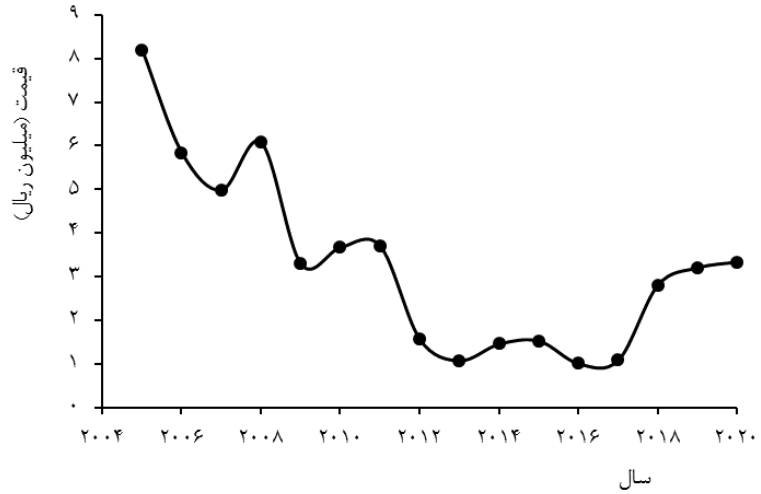
نتایج

قیمت کربن به ازای هر تن به یورو بوده که با استفاده از نرخ ارز رسمی از بانک مرکزی ایران (بانک مرکزی ایران، ۱۳۹۷) تبدیل به ریال و با استفاده از شاخص قیمتی مصرف کننده، تورم حذف شده است. شکل ۱ تغییرات قیمت تعدیل شده کربن از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. جدول ۱ داده‌های تاریخی قیمت کربن را نشان می‌دهد.

جدول ۱- داده‌های تاریخی قیمت کربن (۲۰۲۰-۲۰۰۵)

قیمت (یورو)	سال	قیمت (یورو)	سال
۴/۸۸	۲۰۱۳	۲۱/۷۹	۲۰۰۵
۶/۴۵	۲۰۱۴	۱۶/۲۷	۲۰۰۶
۷/۸۴	۲۰۱۵	۱۴/۷۷	۲۰۰۷
۵/۳۳	۲۰۱۶	۲۱/۶۶	۲۰۰۸
۵/۷۲	۲۰۱۷	۱۲/۶۵	۲۰۰۹
۱۷/۵۸	۲۰۱۸	۱۶/۲۷	۲۰۱۰
۲۵/۴۰	۲۰۱۹	۱۸/۰۱	۲۰۱۱
۲۵/۳۰	۲۰۲۰	۹/۵۰	۲۰۱۲

3. Stationary autoregressive
4. Non stationary
5. Consumer price index



شکل ۱- قیمت تعدیل شده کربن از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰

معادله قیمت تعدیل شده کربن مطابق معادله (۲) در جدول ۲ ارائه داده شده است.

جدول ۲- مؤلفه‌های مربوط به داده‌های قیمت کربن برای فرایند رگرسیون در دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰

معادله قیمت تعدیل شده (ریال)	قیمت تعدیل شده (ریال)	R^2	P-value	t-stat	انحراف معیار
P_{t+1} =۱/۰۴۱۵ P_t	۵۸۹،۳۰۳،۳	۰/۸۱۵	۰/۷۷	۵/۰۸۷	۰/۲۰۴

بحث

تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی که در این تحقیق به آن پرداخته شده است یک رویکرد نسبتا ساده برای مدل سازی و پیش‌بینی قیمت‌ها با استفاده از داده‌های موجود و در دسترس است که در عین حال از نظر نتایج بسیار مفید می باشد. در نتایج این تحقیق طبق تجزیه و تحلیل‌های مدل‌های رگرسیونی، مدل از روند پایا بودن برخوردار نبود و احتمال مقدار $\beta>1$ در مدل رگرسیونی آن بیشتر از ۵ درصد است. بنابراین فرضیه ناپایائی این سری‌های زمانی و مدل که بر اساس آن $\beta=1$ است رد نمی شود. بدین معنا که قیمت در دوره یا سال آینده کاملاً به دوره یا سال ماقبل خود وابسته است.

بسیاری از ابزارهای اقتصادی برای کاهش تغییر اقلیم ارائه و به کار گرفته شده‌اند. تجارت کربن یکی از این ابزارهای مبتنی بر بازار است که به عنوان روشی مقرون به صرفه و مناسب برای تغییر اقلیم و موضوعات محیط زیستی شناخته شده است (Adetoye et.al, 2018). بازار کربن شامل خرید و فروش اعتبار کربن است که توسط یک سازمان نظارتی در قالب مجوز انتشار یا از طریق تعیین تعرفه برای انتشار گازهای گلخانه ای عمل می‌کند. بازارهای جهانی برای کربن جنگل‌ها به دو دسته قانونی (انطباق قانونی) و داوطلبانه تقسیم می‌شوند. بازارهای قانونی بازارهایی هستند که در آن دولت یا یک سازمان نظارتی تعیین کننده تجارت و اعتبار کربن است. بازارهای داوطلبانه بازارهایی هستند که در آن خرید توسط خریداران به طور داوطلبانه انجام می‌شوند. بنابراین بازار داوطلبانه کربن خارج از بازارهای قانونی عمل می‌کند. آنها صاحبان کسب و کار، سازمان‌های مردم نهاد، اشخاص و حتی دولت‌ها را قادر می‌سازند تا برای انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط خود، از طریق خرید و فروش کربن، تعرفه تعیین کنند. تعرفه‌های کربن در جنگل‌ها موضعی بحث برانگیز است و تمام بازارهای قانونی مجاز به تعیین تعرفه نیستند اما آنها سهم بزرگی از بازارهای داوطلبانه را به دست آورده‌اند. ۳۷ درصد از تعرفه کربن بازارهای داوطلبانه در سال ۲۰۰۶ مربوط به بخش جنگلداری بود (Asante et al., 2011; Zhou, 2015).

طبق پروتکل کیوتو و توافق نامه پاریس، کشورهای امضا کننده توافق نامه دارای یک سهمیه‌ی انتشار دی اکسید کربن هستند و اگر میزان انتشار آنها به اندازه آن سهمیه‌ی تعیین شده نرسد مورد تشویق قرار می‌گیرند. در بازار تجارت کربن جنگل اگر مالکان زمین‌ها اقدام به جنگل‌کاری در اراضی خود نمایند، سهمیه‌ای برای ترسیب کربن (گواهی کربن) دریافت می‌کنند. در طرح‌های جنگلداری معمولا مسئله تجارت کربن جنگل در نظر گرفته نمی‌شود (Liu et al., 2017; Olschewski and Benítez, 2010). اگرچه در ایران ممکن است که استفاده از روش‌های علمی مانند پیش‌بینی قیمتکربن و استفاده از آن‌ها جهت مدیریت بهینه منابع جنگلی در کارهای اجرایی انجام نگرفته

باشد ولی برای کمک به پیشرفت و مدیریت هر چه علمی‌تر جنگل و توسعه آینده آن، تجزیه و تحلیل مسائل مربوط به این بخش براساس نتایج علمی و معتبر ضروری است و باید از اولویت‌های سازمان‌های اجرایی بخش جنگل مانند دیگر مناطق جهان باشد.

منابع

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، (۱۳۹۷)، «شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی در مناطق شهری ایران» (www.cbi.ir).

حاتمی، نیشتمان. محمدی لیمائی، سلیمان. معیری، محمدهادی. ۱۳۹۷. پیش بینی و بررسی قیمت چوب سرپای برخی ازگونه‌های جنگل‌های خزری. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل. ۶۹-۵۱ (۲۵): ۴.

سعید، محسن. رعایانی، عماد، (۱۳۹۲)، «جایگاه ایران در مدیریت کربن در مقایسه با کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا و ارزیابی پتانسیل‌های موجود برای ازدیاد برداشت و ذخیره سازی CO2»، نشریه اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۰۷، صفحه ۳۱-۲۶.

طوبی عابدی، سلیمان محمدی لیمائی، امیراسلام بنیاد، جواد ترکمن. ۱۳۹۹. تعیین سن بهینه بهره‌برداری جنگل‌کاری صنوبر (*Populus deltoides*) با توجه به ارزش ترسیب کربن. بومشناسی جنگلهای ایران. ۳۱-۲۲ :(۸) ۱۵.

محمدی، حسین. عباسی، فایزه. کاربخش راوری، سمیه، (۱۳۹۵)، «ارزیابی پیامدهای اقتصادی-محیط زیستی گرمایش جهانی بر دستاوردهای اجرای پروتکل کیوتو در جمهوری اسلامی ایران»، *پژوهش‌های محیط زیست*، سال ۷، شماره ۱۴، صفحه ۳۲-۱۷.

محمدی، زهره. محمدی لیمائی، سلیمان. ۱۳۹۳. پیش‌بینی قیمت چوب گونه‌های جنگلی در استان گیلان با استفاده از تجزیه وتحلیل سری‌های زمانی. نشریه توسعه پایدار جنگل،۳۰۸-۲۹۷: (۹) ۴.

ورامش، سعید. حسینی، سید محسن. عبدی، نوراله، (۱۳۹۰)، «برآورد نیروی جنگل شهری در ترسیب کربن اتمسفری»، محیط شناسی، سال ۳۷، شماره ۵۷، صفحه ۱۲۰-۱۱۳.

Adetoye A. M., Okojie, L. O., Akerele, D., (2018), "Forest carbon sequestration supply function for African countries: An econometric modelling approach", Forest Policy and Economics 90: 59–66.

Asante P., Armstrong Glen W., Adamowicz Wiktor L. (2011), "Carbon sequestration and the optimal forest harvest decision: A dynamic programming approach considering biomass and dead organic matter", Journal of Forest Economics, 17(1): 3–17.

Assmuth, A., Tahvonen, O. (2018), "Optimal carbon storage in even- and uneven-aged forestry". Forest Policy and Economics, 87: 93–100.

Carbon Emissions Futures Historical Prices, (2017), Available at https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data.

Ekholm, T., (2016), "Optimal forest rotation age under efficient climate change mitigation". Forest Policy and Economics 62: 62–68.

Liu, W. Y., Lin, C. C. & Su, K. H., (2017), "Modelling the spatial forest-thinning planning problem considering carbon sequestration and emissions", Forest Policy Economics 78, 51–66.

Mohammadi Limaei, S., (2011), "Economics optimization of forest management", Lap Lambert Academic Publication, Germany, 140p.

Olschewski, R., Benítez, P.C., (2010), "Optimizing joint production of timber and carbon sequestration of afforestation projects", Journal of Forest Economics. 16 (1):1–10.

Robertson, K., Loza-Babuena, I., Ford-Robertson, J., (2004), "Monitoring and economic factors affecting the economic viability of afforestation for carbon sequestration projects", Environmental Science and Policy. 7: 465-475.

Zhou M., (2015), "Adapting sustainable forest management to climate policy uncertainty: A conceptual framework", Forest Policy and Economics 59: 66–74.