

تعیین مالیات زیست‌محیطی بهینه در الگوی رشد تعمیم‌یافته با وجود انتقال تکنولوژی پاک و کیفیت محیط‌زیست: نمونه اقتصاد ایران

جواد هرانی^۱

کریم اسلاملوئیان^۲

محمدعلی قظمیری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۱۱

چکیده

تعیین مالیات زیست‌محیطی از نظر کنترل آلودگی نوعی پیامد جنبی مهم و اثرگذار در رفاه جامعه است و معرفی آن به‌عنوان نوعی پایه مالیاتی جدید حائز اهمیت است. بر این اساس، هدف اصلی مطالعه حاضر تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه مالیات در چارچوب الگویی پویاست. برای این منظور، امکان انتقال تکنولوژی پاک به الگوی رشد AK اضافه شده و الگو به صورت نظری به اقتصاد باز تعمیم داده شده است. ویژگی اصلی اقتصاد موضوع مطالعه، ایجاد آلودگی در فرایند رشد اقتصادی و تأثیر منفی آن در رفاه جامعه است. انتقال تکنولوژی پاک از طریق کاهش انتشار آلودگی، تأثیر مثبتی در کیفیت محیط‌زیست و رفاه جامعه بر جای می‌گذارد. به‌منظور تعیین میزان مالیات زیست‌محیطی با استفاده از نظریه کنترل بهینه، مقادیر نرخ رشد مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS)^۴ محاسبه و نرخ مالیات بر تولید به‌عنوان ابزاری برای انطباق این دو نرخ محاسبه شده است. حل الگو به روش هامیلتونین بیانگر این نتیجه است که مقادیر نرخ رشد بر روی مسیر وضعیت پایدار و مالیات بهینه، تابع این هاست: شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده، کشش آلودگی نسبت به تولید، بهره‌وری کل عوامل تولید، انتشار تکنولوژی پاک، نرخ رشد مصرف خارجی، نرخ استهلاك سرمایه، معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف و شاخص‌های تجاری. در مرحله بعد، با استفاده از شاخص‌های متناظر با اقتصاد ایران، الگوی مدنظر به صورت تجربی حل شده است. نتایج حل تجربی، بیانگر این است که نرخ بهینه مالیات بر آلودگی حدوداً ۱۵ درصد است. همچنین براساس نتایج تحلیل حساسیت، شاخص‌های کشش آلودگی نسبت به تولید و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده بیشترین تأثیر را بر مالیات

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز، Email: j.harati@rose.shirazu.ac.ir

۲. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز، Email: eslamlo@rose.shirazu.ac.ir

۳. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز، Email: meghehmiri@gmail.com

زیست‌محیطی در ایران دارد ضمن اینکه شاخص‌های نرخ رشد خارجی و شاخص‌های تجاری کمترین تأثیر را دارد.

واژگان کلیدی: اقتصاد باز، انتقال تکنولوژی پاک، رشد و محیط‌زیست، مالیات بر آلودگی، ایران.

JEL: H23, O44.

۱. مقدمه

هدف اصلی پیگیری برنامه‌های رشد و توسعه اقتصادی در هر کشور، افزایش سطح استاندارد و رفاه آن جامعه است؛ اما محدوداً تمام فعالیت‌های اقتصادی بشر با آسیب‌های زیست‌محیطی همراه است که خود، اثری منفی در رفاه جامعه دارد. این در حالی است که محیط‌زیست دامنه وسیعی از کارکردها و خدمات ارزشمند اقتصادی دارد، مانند تأمین منابع تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر، ارائه کالاهای طبیعی مانند چشم‌اندازهای طبیعی و امکانات رفاهی و جذب ضایعات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی برای انسان. با این حال، در وضعیتی که حقوق مالکیت به‌خوبی تعریف نشده باشد، انتشار آلودگی همراه با فعالیت‌های اقتصادی نوعی پیامد جنبی است که در رفاه سایر افراد جامعه تأثیری منفی می‌گذارد؛ از این رو، ضروری است دولت از طریق اعمال سیاست‌های مناسب زیست‌محیطی، تأثیرات منفی ناشی از آلودگی را درونی کند.^۱

دخالت دولت به منظور اصلاح تأثیرات پیامدهای جنبی زیست‌محیطی و کنترل آلودگی از طریق روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد، مانند مالیات مستقیم زیست‌محیطی (مالیات پیگوئی) و مالیات غیرمستقیم زیست‌محیطی و قوانین و مقررات زیست‌محیطی (مک‌موران و نلور، ۱۳۸۲). در چارچوب مالیات مستقیم زیست‌محیطی، مالیات، منافع شخص آلوده‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این چارچوب، بنگاه آلاینده به منظور کاهش میزان مالیات، مقدار تولید خود را کاهش می‌دهد و این موضوع به کاهش هزینه‌های اجتماعی ناشی از آلودگی منجر می‌شود.

مالیات‌های غیرمستقیم نوعی دیگر از مالیات‌های زیست‌محیطی است که به جای اخذ مالیات مستقیم برحسب واحد آلودگی، مالیات را بر نهاده‌های تولید یا کالاهای مصرفی وضع می‌کند که استفاده از آنها به نوعی با آسیب زیست‌محیطی در ارتباط است. این نوع مالیات به دلیل توجه به مصرف از طریق کاهش تولید و وضعیت نگهداری و بهبود تکنولوژی موجب کنترل بیشتر آلاینده‌ها با هزینه بیشتری در مقایسه با مالیات پیگوئی می‌شود. هر دو نوع مالیات‌های مستقیم و غیرمستقیم زیست‌محیطی، به جای استفاده از سیاست‌های کنترلی و دستوری، بر سیستم قیمتی متکی است.

نوع دیگری از مقابله با هزینه‌های جنبی آلودگی زیست‌محیطی، وضع قوانین و مقررات دولتی است. این نوع از سیاست‌گذاری زیست‌محیطی، استانداردها و معیارهایی پذیرفتنی از سطح انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی را تعیین می‌کند. واحدهای اقتصادی آلاینده، در صورت تخلف از این استانداردها، با توقف تولید یا جریمه‌های سنگین مواجه می‌شوند.

از آنجا که با وجود پیامد جنبی آلودگی، نرخ رشد وضعیت پایدار (SS) اقتصاد در تعادل بازار و تعادل برنامه‌ریز اجتماعی یکسان نخواهد بود، دولت می‌تواند از این تفاوت در نرخ‌های رشد به‌عنوان مبنایی برای تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه، مثل مالیات، استفاده کند. بر این اساس، در این مطالعه با وجود ملاحظات زیست‌محیطی و اضافه کردن فرض انتقال تکنولوژی پاک و تعمیم الگو به اقتصاد باز، یک الگوی رشد در نظر گرفته شده است. براساس این الگوی رشد، ضمن تعیین مسیر رشد وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، مالیات بهینه زیست‌محیطی تعیین می‌شود. در این چارچوب، انتقال تکنولوژی پاک موجب کاهش انتشار آلودگی ناشی از فعالیت واحدهای تولیدی می‌شود؛ بنابراین بر مقادیر نرخ رشد وضعیت پایدار و نرخ مالیات بهینه اثر می‌گذارد. تعیین مالیات بر آلودگی از نظر کنترل آلودگی به‌مثابه پیامدی جنبی و مهم و اثرگذار بر رفاه جامعه و نیز معرفی نوعی پایه مالیاتی جدید حائز اهمیت است. در کشورهای توسعه‌یافته، استفاده از ابزار و سیاست‌های کنترل آلودگی سابقه‌ای طولانی دارد؛ ولی بحث کنترل آلودگی در کشورهای در حال توسعه تقریباً جدید است. این درحالی است که آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی هزینه زیادی بر اقتصاد این کشورها تحمیل می‌کند؛ برای مثال، براساس آمار بانک جهانی، در سال ۲۰۰۶، هزینه ناشی از پرداخت خسارات آلودگی هوا، به‌عنوان بخشی از خسارت زیست‌محیطی صنایع آلاینده، در ایران ۸ میلیارد دلار بوده است. البته بیشترین بار خسارت آلودگی هوا که هر ساله نیز در حال افزایش بوده، فقط بر دوش دولت است؛ از این رو، استفاده از سیاست مالیات بر آلودگی می‌تواند ابزاری مناسب برای کنترل آلودگی و کاهش تأثیرات منفی آن باشد. در این خصوص، در سال‌های اخیر، در کشور ما برای اعمال سیاست‌های کنترل آلودگی تلاش‌هایی انجام شده است؛^۱ اما

۱. برای مثال مالیات‌های زیست‌محیطی در کشورهای OECD، به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. این مالیات‌ها در این کشورها، به‌طور میانگین، ۷ درصد از درآمدهای مالیاتی و حدود ۳ درصد از GDP آن‌ها را شامل می‌شود. در این کشورها، مالیات‌های زیست‌محیطی با اهداف متعددی، مانند مدیریت منابع طبیعی، مدیریت فاضلاب و ضایعات شهری، کارایی انرژی، کنترل آلودگی صوتی و آلودگی‌های آب و خاک اعمال می‌شود (درویشی، ۱۳۸۷).

۲. در این خصوص، در تبصره ۱۳ قانون برنامه اول مقرر شد به‌منظور فراهم آوردن امکانات و تجهیزات لازم برای پیشگیری و جلوگیری از آلودگی ناشی از صنایع آلاینده و کارخانه‌ها و کارگاه‌ها یک در هزار فروش خود را با تشخیص و تأیید نظر سازمان حفاظت محیط زیست صرف کنترل آلودگی و ایجاد فضای سبز کنند (پژویان، ۱۳۸۶).

ضرورت استفاده از ابزار مناسب کنترل آلودگی و از جمله مالیات بر آلودگی، همچنان احساس می‌شود. بر این اساس، مقاله حاضر تلاشی در جهت پر کردن خلأ موجود در این زمینه است.

در سال‌های اخیر، با افزایش اهمیت آلودگی زیست‌محیطی، تلاش‌های بین‌المللی در زمینه کنترل آلودگی و بهبود کیفیت محیط‌زیست آغاز شده است. در این خصوص، می‌توان به طراحی سازوکار توسعه پاک (CDM)^۱ اشاره کرد که در قالب پروتکل کیوتو شکل گرفته است. یکی از اهداف بسیار مهم این سازوکار، کمک به بهبود کیفیت محیط‌زیست و کاهش انتشار آلودگی کشورهای در حال توسعه از طریق تسهیل انتقال فناوری پاک از کشورهای توسعه‌یافته به این کشورهاست.

اهمیت انتقال تکنولوژی پاک و تأثیر مثبت آن در رفاه جوامع در حالی است که در مطالعات نظری و تجربی، کمتر به آن توجه شده است. بر این اساس، یکی از نوآوری‌ها و تفاوت‌های بسیار مهم مقاله حاضر با دیگر مطالعات مشابه، در نظر گرفتن انتقال تکنولوژی پاک و تعمیم الگوی رشد AK به اقتصاد باز است. بنابراین ویژگی مهم الگوی بررسی شده، در نظر گرفتن هم‌زمان دو عامل متضاد آلودگی و انتقال تکنولوژی پاک بر نرخ‌های رشد وضعیت پایدار (SS) و سیاست مالیات بهینه است. در این چارچوب، آلودگی تأثیر منفی در رفاه جامعه می‌گذارد؛ ولی انتقال تکنولوژی پاک می‌تواند از طریق کاهش میزان آلاینده‌گی تولید، تأثیر مثبتی در رفاه جامعه بر جای بگذارد. علاوه بر این، به منظور در نظر گرفتن تأثیرات زیست‌محیطی، از متغیر آلودگی به شکل متغیری جریانی^۲ استفاده شده است. این در حالی است که بیشتر مطالعات، در حوزه الگوسازی رشد محیط‌زیست، از یکی از دو متغیر زیست‌محیطی، یعنی آلودگی و کیفیت محیط‌زیست، به شکل نوعی متغیر وضعیت یا انباشت^۳ استفاده می‌کنند.^۴

همچنین در مطالعه حاضر، مسئله بهینه‌سازی بین دوره‌ای به دو صورت تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی مدنظر قرار گرفته است؛ در حالی که با وجود پیامد جنبی آلودگی، تعادل حاصل از حل مسئله برنامه‌ریز اجتماعی، زیربینه^۵ خواهد بود. با در نظر گرفتن هم‌زمان دو تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و طراحی مناسب الگو، از نظر تعداد متغیرهای کنترل و وضعیت، می‌توان مالیات بهینه را به عنوان ابزاری برای

1. Clean Development Mechanism

2. Flow Variable

3. Stock

۴. در الگوسازی رشد محیط‌زیست، متغیر زیست‌محیطی (آلودگی یا کیفیت محیط‌زیست) را می‌توان به یکی از دو صورت متغیر جریانی و متغیر موجودی در نظر گرفت. اگر از متغیر موجودی استفاده شود، لازم است در حل مسئله کنترل بهینه، همانند متغیر موجودی سرمایه به صورت معادله‌ای حرکتی در نظر گرفته شود. البته در حالی که به صورت متغیر جریانی در نظر گرفته می‌شود، به این موضوع نیاز نیست. در عین حال، در حالت متغیر جریانی، حل تحلیلی الگو پیچیدگی کمتری دارد. در مطالعه حاضر، به پیروی از روش (Hartman and Khan (2005) و به منظور سادگی تحلیل، آلودگی به صورت متغیری جریانی در نظر گرفته شده است.

5. Sub-optimal

درونی کردن تأثیرات جنبی آلودگی استخراج کرد. در نهایت، در بُعد تجربی، بعضی شاخص‌های لازم برای اقتصاد ایران تخمین و محاسبه شده و الگو به صورت تجربی برای اقتصاد ایران حل شده است. علاوه بر این، به منظور تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی نحوه اثرگذاری شاخص‌های مختلف در مالیات بهینه، از آزمون تحلیل حساسیت استفاده شده است. آزمون تحلیل حساسیت در مقایسه با شاخص‌های مختلف الگو می‌تواند زمینه‌ساز ارائه پیشنهادی سیاستی درباره طراحی صحیح سیاست‌های توسعه پایدار و بهبود کیفیت محیط زیست و رفاه باشد.

در قسمت دوم مقاله، مطالعات پیشین در حوزه سیاست‌های کنترل آلودگی زیست‌محیطی مرور می‌شود. در قسمت سوم، مبانی نظری و ساختار الگوی رشد AK تعمیم‌یافته بیان شده و در قسمت چهارم، نتایج حاصل از حل تجربی الگو و آزمون تحلیل حساسیت و تجزیه و تحلیل نتایج ارائه می‌شود. قسمت پایانی نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲. پیشینه مطالعاتی

اجرای سیاست‌های کنترل آلودگی، تا پیش از دهه هفتاد، کاربرد چندانی نداشته است. از این زمان به بعد، با توجه به اهمیت پیامدهای جنبی زیست‌محیطی و آلودگی و تبدیل آن به مسئله‌ای جهانی، نظریه‌های الگوسازی رشد با وجود ملاحظات زیست‌محیطی، در دو بُعد نظری و تجربی، توسعه روزافزونی یافته است. در این خصوص، یکی از پرسش‌های مهم، تأثیر نگرانی‌های زیست‌محیطی در رشد اقتصادی و نحوه درونی کردن تأثیرات جنبی ناشی از آلودگی زیست‌محیطی است. در عین حال، بعضی کشورهای جهان و در رأس آن‌ها، کشورهای توسعه‌یافته، برنامه‌های کنترل آلودگی را اجرا می‌کنند.

مطالعات این چارچوب را می‌توان براساس روش استفاده‌شده برای کنترل آلودگی تقسیم‌بندی کرد. این روش‌ها شامل وضع مالیات یا اعطای یارانه بر انتشار آلودگی و مجوزهای انتشار آلودگی و کنترل‌های مقداری و نیز سیاست‌های ترکیبی است. افرادی مانند بوونبرگ و دی‌موج (۱۹۹۴)^۱، اشمولدرز (۱۹۹۵)^۲، آریگا (۲۰۰۲)^۳، سامپائولسی (۲۰۰۳)^۴، وندرن (۲۰۰۳)^۵، پائوترل (۲۰۰۷)^۶، فولرتن و کیم (۲۰۰۸)^۷، گوپتا و بارمن (۲۰۰۹)^۸ و باستی و همکاران (۲۰۱۰)^۱ سیاست مالیات بهینه را برای درونی کردن تأثیرات جنبی

1. Bovenberg and De Mooij

2. Smulders

3. Ariga

4. Sampaollesi

5. Wendner

6. Pautrel

7. Fullerton and Kim

8. Gupta and Barman

ناشی از آلودگی معرفی می‌کنند. مطالعاتی مانند ادیت (۱۹۹۸)^۲، مهتدی (۱۹۹۶)^۳، آی هوری (۱۹۹۶)^۴ و گریمود و ریچی (۲۰۰۳)^۵ در کنار مالیات زیست‌محیطی، استفاده از سیاست اعطای یارانه را یکی از روش‌های کنترل آلودگی معرفی می‌کنند. درعین حال، بعضی مطالعات، مانند ایزمونت (۱۹۹۴)^۶، در کنار سیاست‌های مالیاتی، مجوزهای انتشار آلودگی را یکی دیگر از روش‌های کنترل آلودگی معرفی می‌کند.

بیشتر مطالعات فوق، با استفاده از چارچوب الگوهای رشد، ضمن بررسی ارتباط رشد و محیط‌زیست و تأیید وجود جایگزینی^۷ بین کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی، به تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه می‌پردازند. در این چارچوب، نتایج بیانگر آن است که کنترل آلودگی باعث بهبود کیفیت محیط‌زیست شده؛ اما باعث کاهش دسترسی به منابع برای سرمایه‌گذاری می‌شود. این وضعیت موجب کاهش رشد می‌شود و در واقع اثری تأخیری^۸ در رشد دارد. بنابراین لازم است دولت در جهت واقعی شدن قیمت‌ها و تخصیص کارآتر منابع، برای درونی کردن هزینه‌های جنبی آلودگی تلاش کند. در این خصوص، دولت می‌تواند از طریق اعمال ترکیبی از مالیات‌های پیگویی، مجوزهای مبادله‌پذیر برای انتشار آلودگی، اعطای یارانه، قانون‌گذاری مستقیم و سیاست‌های عمومی، در جهت کاهش و کنترل آلودگی اقدام کند.

بررسی‌ها بیانگر این است که تاکنون در کشور ما، هیچ‌گونه مطالعه داخلی با رویکرد الگوی رشد در زمینه سیاست بهینه زیست‌محیطی برای کنترل آلودگی انجام نشده است. تقریباً تمام مطالعات داخلی در این زمینه، با تأکید بر منابع انرژی و انواع سوخت‌های فسیلی، به بررسی روش‌های کنترل آلودگی، از جمله مالیات، می‌پردازد. از جمله این مطالعات می‌توان به گرجیان (۱۳۷۷)، صادقی و حیدری (۱۳۸۱)، امین رشتی (۱۳۸۴)، طبینا (۱۳۸۴)، وصفی اسفستانی (۱۳۸۵)، پژویان (۱۳۸۵) و درویشی (۱۳۸۷) اشاره کرد. در این چارچوب، به موضوعاتی مانند اصلاح نظام مالیاتی و منابع گسترش پایه‌های مالیاتی و روش‌های کنترل آلودگی مانند مالیات بر مصرف فرآورده‌های نفتی، اعطای یارانه برای نصب تجهیزات کنترل آلودگی، سیاست‌های تشویقی و تنبیهی و بهسازی تکنولوژی در اقتصاد ایران پرداخته شده است.

معرفی مالیات زیست‌محیطی به‌منابه نوعی پایه جدید مالیاتی درحالی است که براساس نتیجه بسیاری از مطالعات تجربی داخلی درباره بررسی ارتباط رشد و محیط‌زیست، رشد اقتصادی، بیشتر با افزایش

-
1. Baesti e al
 2. Adit
 3. Mohtadi
 4. Ihori
 5. Grimaud and Ricci
 6. Eismont
 7. Trade-off
 8. Drag Effect

آسیب‌های زیست‌محیطی و از جمله افزایش آلودگی در اقتصاد ایران همراه است.^۱ بنابراین، وجود آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از آلودگی، به‌عنوان نوعی پیامد جنبی منفی، نیازمند دخالت دولت و اصلاح تأثیرات آن، از طریق ابزارهای مناسب مانند مالیات بر آلودگی، است. بر این اساس، در مطالعه پیش‌رو، با در نظر گرفتن چارچوب الگوی رشد AK و تعمیم آن به اقتصاد باز و در نظر گرفتن امکان انتقال تکنولوژی پاک، ضمن بررسی پویایی‌های رشد، به تعیین مالیات بهینه بر آلودگی پرداخته می‌شود. در این چارچوب، مهم‌ترین سؤالات این مطالعه به شرح زیر است:

۱. تأثیر هم‌زمان آلودگی زیست‌محیطی و انتشار تکنولوژی پاک بر نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی چگونه و به چه میزان است؟
۲. میزان بهینه دخالت دولت از طریق مالیات زیست‌محیطی چقدر است؟ با وجود انتقال تکنولوژی پاک، میزان دخالت بهینه دولت از طریق مالیات بر آلودگی چگونه تحت تأثیر قرار می‌گیرد؟
۳. با در نظر گرفتن مقادیر متفاوت برای شاخص‌های الگو، نرخ رشد مصرف و مالیات بهینه چگونه تغییر می‌یابد؟
۴. تأثیر افزایش در نرخ انتقال تکنولوژی پاک و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان در مقدار مالیات بهینه چگونه است؟

۳. مبانی نظری و ساختار الگو

در این بخش با در نظر گرفتن چارچوب کلی الگوی رشد AK، با وجود ملاحظات زیست‌محیطی در چارچوب اقتصاد باز، به بررسی و استخراج نرخ‌های رشد بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و تعیین مالیات بهینه پرداخته می‌شود. چارچوب کلی الگوی استفاده‌شده، برگرفته از مطالعات مهتدی (۱۹۹۶)،^۲ استوکی (۱۹۹۸)،^۳ سرون (۱۹۹۹)،^۴ سامپائولسی (۲۰۰۳)،^۵ هارتمن و کان (۲۰۰۵)،^۶ گراینر (۲۰۰۷)^۷ و سیراکایا و همکاران (۲۰۰۹)^۸ است. الگوی رشد AK یکی از الگوهای رشد

۱. از جمله این مطالعات که بر پایه آزمون تجربی فرضیه منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) بنا شده است، می‌توان به پژوهش‌های مرادحاصل (۱۳۸۶)، بهبودی و برقی گلغذایی (۱۳۸۷)، صالح و همکاران (۱۳۸۸)، نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸)، فطرس و همکاران (۱۳۸۹)، صادقی و فشاری (۱۳۸۹) و پژوهش‌های لشکری‌زاده (۱۳۸۹) اشاره کرد.

2. Mohtadi
3. Stocky
4. Serven
5. Sampaollesi
6. Hartman and Kwon
7. Greiner
8. Sirakaya, Turnovsky. And Alemdar

بسیار ساده و درعین حال کاربردی بر پایه سرمایه‌گذاری است.^۱ نقطه شروع این الگوی رشد درون‌زا، به مطالعه اولیه رمزی (۱۹۲۸)^۲ باز می‌گردد. در این الگو، تفکیکی بین انواع سرمایه، یعنی فیزیکی و انسانی، صورت نمی‌گیرد و سرمایه در مفهوم عام آن در نظر گرفته می‌شود. همچنین، به دلیل وجود بعضی تأثیرات خارجی ناشی از انباشت سرمایه انسانی، تمایل به بازدهی نزولی خنثی شده و بازدهی نزولی نسبت به مقیاس وجود ندارد.^۳ در ادامه، در جهت معرفی ساختار الگو، مجموعه مفروضات و توابع مشخصی برای بخش‌های بخش‌های مختلف تولید، ترجیحات، آلودگی و نحوه انتشار تکنولوژی پاک معرفی می‌شود.

۱.۳. مفروضات الگو

در الگوی AK ساده، تابع تولید با فرض جمعیت ثابت و بدون تغییر فنی برون‌زا به صورت زیر است:

$$Y(t) = A K(t) \quad (۱)$$

در رابطه بالا، $A > 0$ معرف بهره‌وری کل عوامل تولید و K سرمایه انسانی و فیزیکی و Y تولید است. در این چارچوب فرضیات زیر در نظر گرفته می‌شود:

- اقتصاد موضوع مطالعه، در مبادله با اقتصاد جهانی شروع به واردات و صادرات کالا می‌کند؛ بدین صورت که بخشی از کالاهای تولیدی خود را در داخل مصرف، بخشی را صادر و در مقابل از اقتصاد جهانی کالا وارد می‌کند.
- واحدهای اقتصادی شامل مصرف‌کننده و تولیدکننده و دولت است. هدف مصرف‌کننده، حداکثرسازی ارزش فعلی مطلوبیت در افقی نامحدود^۴ است. آلودگی زیست‌محیطی اثری منفی در رفاه و مطلوبیت مصرف‌کننده می‌گذارد. علاوه بر این، دولت به عنوان سیاست‌گذار و با هدف درونی کردن تأثیرات جنبی ناشی از انتشار آلودگی، مالیات بهینه را تعیین کرده و تولیدکننده در جهت حداکثرسازی سود خود شروع به تولید کالا می‌کند.
- در اقتصاد مدنظر، تولید کالا با آلودگی زیست‌محیطی همراه است. آلودگی، محصولی فرعی بوده که با تولید^۵ به صورت محلی^۶ همراه است و انتقال نمی‌یابد.

۱. مطالعاتی که از این الگوی رشد استفاده کرده‌اند، عبارت است از:

Barro (1990), Barro and Sala-i-Martin (2004), Mohtadi (1996), Stokey (1998), Ariga (2002), Sampaoloules (2003a, 2003b).

2. Ramsey

۳. با افزایش انباشت سرمایه توسط بنگاه‌ها، بخشی از این انباشت مربوط به افزایش سرمایه انسانی (سرمایه ذهنی) است که موجب پیشرفت فنی می‌شود و تمایل به بازدهی کاهنده سرمایه را خنثی می‌سازد.

4. Infinite Horizon

5. By-product

6. Local

- انتقال تکنولوژی پاک از طریق کاهش انتشار آلودگی همراه، با تولید و کاهش موجودی آلودگی تأثیری مثبت در رفاه افراد جامعه می‌گذارد.^۱

- برای ساده‌تر شدن، فرض می‌شود تراز تجاری در موازنه بوده و امکان استقراض از خارج و قرض دادن کنار گذاشته شده است.

همچنین، به منظور ساده‌تر شدن و برای اینکه بتوان الگو را به صورت تحلیلی حل کرد، آلودگی به صورت متغیری جریان‌ی^۲ در نظر گرفته شده است. ویژگی اساسی این الگو، در نظر گرفتن هم‌زمان پیامد جنبی آلودگی و انتشار تکنولوژی پاک است. از سویی تولید کالا همراه با انتشار آلودگی است و از سوی دیگر، تکنولوژی پاک از اقتصاد جهانی به اقتصاد مدنظر انتقال می‌یابد. انتقال تکنولوژی پاک، از طریق کاهش سطح و شدت انتشار آلودگی در هر واحد تولید، موجب کاهش آلودگی و افزایش رفاه می‌شود. سایر فرضیات الگو دربارهٔ بنگاه‌ها و خانوارها به صورت زیر است:

بنگاه‌ها: فرض می‌شود تعداد بسیاری بنگاه شبیه به هم وجود دارد که همگی تکنولوژی یکسان به صورت $Y = AK$ دارند. متغیرها همانند قبل تعریف شده است. تابع تولید فوق برای تمامی مقادیر K از ویژگی زیر برخوردار است:

$$f(K) > 0, f'(K) > 0, f''(K) = 0 \quad (2)$$

بنگاه‌ها محصول خود را با به کارگیری عامل سرمایه تولید کرده^۳ و در عین حال، آلودگی ایجاد می‌کنند. میزان انتشار آلودگی $E(t)$ به صورت متغیری جریان‌ی^۴ و محصول فرعی متناسب با سطح تولید و به صورت $E(t) = E(Y(t))$ است. همچنین، میزان آلودگی $X(t)$ تحت تأثیر انتشار آلودگی است. در این خصوص، به پیروی از روش مهتدی (۱۹۹۶)، فرض می‌شود ارتباط فوق براساس فرم تابعی زیر باشد:

$$X(t) = X(E(t)) = BE(t)^\beta \quad (3)$$

در این رابطه، $B > 0$ مقداری ثابت است. با جایگذاری تابع تولید در رابطه فوق، ارتباط آلودگی و تولید و موجودی سرمایه، به صورت زیر به دست می‌آید:

۱. در مطالعات افرادی مانند (Keller et al (1971), Alemdar and Ozilderim (2002), Sirikaya et al (2009) از فرضی مشابه استفاده شده است.

2. Flow Variable

۳. از آنجا که هدف تحقیق، بررسی پویایی‌های نیروی کار بوده است، به طور ضمنی، مقدار نیروی کار به عدد یک نرمال شده و از این رو، در تجزیه و تحلیل الگو در نظر گرفته نشده است.

4. Flow Variable

$$X(t) = X(Y(t)) = B(AK(t))^\beta = BA^\beta K(t)^\beta = X_0 K(t)^\beta \quad (۴)$$

در رابطه فوق، $BA^\beta = X_0$ فرض شده است. بنابراین جریان آلودگی، در هر لحظه از زمان، برابر $X_0 K(t)^\beta$ است. مقدار ثابت $\beta > 0$ بیانگر کشش آلودگی نسبت به سرمایه و معرف میزان آلایندگی تولید (سرمایه) است. به منظور الگوسازی کاهش انتشار آلودگی از طریق سرریز دانش و انتقال تکنولوژی پاک، در چارچوب سازوکار توسعه پاک (CDM) عمل می‌کنیم. برای این منظور، مشابه روش کیلر و دیگران (۱۹۷۱)^۱، فرض می‌شود انتقال تکنولوژی پاک از طریق شاخص برون‌زای ε موجب کاهش انتشار آلودگی می‌شود؛ بنابراین جریان آلودگی در هر لحظه از زمان به صورت زیر است:

$$X(t) = X_0 \frac{K(t)^\beta}{K(t)^\varepsilon} = X_0 K(t)^\theta \quad (۵)$$

$$\theta = \beta - \varepsilon$$

در رابطه فوق، فرض شده است سرریز دانش و انتقال تکنولوژی پاک، از طریق تأثیر در آلایندگی موجودی سرمایه، موجب کاهش انتشار آلودگی هر واحد می‌شود. به بیان دیگر، کشش آلودگی نسبت به موجودی سرمایه (θ)، با در نظر گرفتن امکان سرریز دانش و تکنولوژی پاک کاهش می‌یابد. در این چارچوب، از آنجا که تولید کالا تابع مستقیم موجودی سرمایه است و آلودگی نیز با افزایش تولید افزایش می‌یابد، می‌توان گفت کیفیت محیط تابعی کاهنده از موجودی سرمایه است.

خانوارها: فرض می‌شود تعداد زیادی خانوار وجود دارد که مطلوبیت (رفاه) هر خانوار، تابعی از دو عامل مصرف کالای مرکب (C) و موجودی کل آلودگی (X) است. در این رابطه، همانند روش گرینر (۲۰۰۷)^۲، از تابع مطلوبیت جدایی‌ناپذیر به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$U(C(t), X(t)) = \frac{(C(t)X(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \quad (۶)$$

$$\sigma > 0$$

1. Keller et al

2. Greiner

۳. در حالت کلی، تابع مطلوبیت آبی مصرف‌کننده به یکی از دو صورت جدایی‌ناپذیر و جدایی‌ناپذیر در نظر گرفته می‌شود. اگر تابع به صورت جدایی‌ناپذیر در نظر گرفته شود، اثر یک واحد اضافی آلودگی در مطلوبیت نهایی مصرف منفی است ($U_{CX} < 0$)؛ اما اگر تابع مطلوبیت جدایی‌ناپذیر باشد، اثر مدنظر برابر صفر خواهد بود ($U_{CX} = 0$). استفاده از تابع مطلوبیت جدایی‌ناپذیر امکان دستیابی به مسیر رشد پایدار را ایجاد می‌کند که در آن، آلودگی به‌طور نامحدود رشد نخواهد کرد. این فرض در مطالعات افرادی مانند Lopez (1994), Michel and Rotillon (1995) و Greiner (2007) استفاده شده است.

تابع مطلوبیت فوق از ویژگی ریسک‌گریزی نسبی ثابت (CRR_A)^۱ برخوردار است. از آنجا که به‌منظور استخراج وضعیت پایدار بهینه با نرخ مثبت، ضروری است کشش مطلوبیت نهایی طی زمان ثابت باشد، از این نوع تابع مطلوبیت استفاده شده است (بارو و سالانی‌مارتین، ۲۰۰۴).^۲ در رابطه فوق، شاخص V معرف ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده نسبت به آلودگی محیط‌زیست و علامت منفی آن، معرف تأثیر منفی آلودگی در مطلوبیت است. انتظار می‌رود شاخص V در تعیین مسیر بهینه مصرف‌نقشی مهم داشته باشد. همچنین شاخص σ معرف معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف‌کننده نمونه است.

به‌منظور تضمین راه‌حل درونی، فرض می‌شود تابع مطلوبیت آنی فوق نسبت به سبد کالای مصرفی مرکب (C) کاملاً افزایشی و مقعر و نسبت به آلودگی (X) کاملاً کاهشنده و محدب و نسبت به هر دو عامل، مقعر است. به بیان دیگر، موقعیت $U_{CX} < 0, U_{CC} < 0, U_X < 0, U_{XX} < 0, U_C > 0, U_{CC} < 0$ برقرار است. همچنین موقعیت $U_{CX} < 0, U_{CC} < 0$ بیانگر این است که $\sigma > 0$ و شرط $U_{XX} < 0$ مبین این است که $v(\sigma - 1) > 1$ ^۳.

سبد مصرفی کالای مرکب (C)، از دو کالای داخلی (C_1) و کالای خارجی یا وارداتی (C_2) تشکیل شده است. مطابق روش سرون (۱۹۹۹)،^۴ فرض می‌شود تابع (C) همگن از درجه یک است. اگر ترجیحات همگن از درجه یک در نظر گرفته شود، مطلوبیت حاصل از مصرف کالای داخلی و خارجی به‌صورت یکنواخت افزایش می‌یابد و هیچ‌گونه آریبی در برابر گونه خاصی از کالاهای داخلی و خارجی وجود ندارد. به‌طور مشخص، تابع زیر مطلوبیت^۵ کالای مصرفی مرکب به‌صورت تابع کاب داگلاس $C(t) = C_1(t)^{(1-\phi)} C_2(t)^\phi$ در نظر گرفته می‌شود.^۶ در رابطه فوق، $0 < \phi < 1$ بیانگر سهم کالای خارجی یا وارداتی، در مخارج مصرفی کل و $(1 - \phi)$ معرف سهم کالای داخلی در مخارج مصرفی کل است.

رابطه فوق همچنین بیانگر این است که دو کالای داخلی و وارداتی، جانشین ناقص یکدیگر در مصرف هستند. اگرچه C به یک مصرف‌کننده نمونه متعلق است، چون در مسئله بهینه‌یابی مصرف، کل اقتصاد مدنظر است، C به‌صورت شاخص مصرف واقعی تفسیر می‌شود. بنابراین تابع مخارج متناظر با آن به‌صورت $P_C(\pi)C$ بیان می‌شود که در آن، P_C (با $P'_C > 0, P''_C < 0$) شاخص قیمت مصرف‌کننده و تابعی از

1. Constant Relative Risk Aversion

2. Baro and Sala-i- Martin

۳. صحت این روابط را با محاسبه مشتقات جزئی مرتبه دوم تابع مطلوبیت نسبت به مصرف و آلودگی می‌توان اثبات کرد.

4. Serven

5. Sub utility

۶. این فرم تابعی را (Sampaolesi (2003a) و فرم لگاریتمی خطی آن را (Kaneko(2000) در مطالعات جداگانه‌ای در بررسی ارتباط رشد و درآمد، استفاده کرده‌اند.

رابطهٔ مبادلهٔ (π) است. در مرحلهٔ بعد و برای ساده‌تر شدن، قیمت کالای تولید داخل به یک نرمال می‌شود $(p_1 = 1)$ ؛ بنابراین تمام قیمت‌ها، نسبی و برحسب قیمت کالای داخلی است. علاوه بر این، شرط تسویهٔ بازار که بیانگر پویایی‌های موجودی سرمایه در هر لحظه از زمان بوده، به صورت زیر است:

$$\dot{K}(t) = Y(t) - P_c(t)C(t) - \delta K(t) = AK(t) - P_c(t)C(t) - \delta K(t) \quad (7)$$

بر اساس رابطهٔ فوق، کل درآمد (Y) به سرمایه‌گذاری خالص و مصرف کالای داخلی و خارجی اختصاص داده می‌شود. همچنین، شاخص δ معرف نرخ استهلاک سرمایه است.

۲.۳. تجزیه و تحلیل نظری الگو

به منظور تجزیه و تحلیل نظری الگو ضروری است با استفاده از نظریهٔ کنترل بهینه و توابع تصریح شده در قسمت قبل، تصمیم‌گیری دربارهٔ مصرف و سرمایه‌گذاری بهینه از رفتار حداکثرسازی مطلوبیت بین‌دوره‌ای خانوار در چارچوب اقتصاد غیرمتمرکز در بنگاه‌های حداکثرکنندهٔ سود به دست آید. مسئلهٔ حداکثرسازی شامل دو راه‌حل دوره‌ای یا ایستا^۱ و بین دوره‌ای^۲ است. راه‌حل موقت یا ایستا، شامل انتخاب ترکیبی از دو کالای مصرفی است که تابع زیرمطلوبیت مصرف‌کنندهٔ نمونه را در هر دوره حداکثر می‌سازد. راه‌حل بین دوره‌ای شامل انتخاب جریانی از مصرف است که ارزش فعلی مطلوبیت طول عمر مصرف‌کنندهٔ نمونه را حداکثر می‌سازد. راه‌حل بین دوره‌ای در قالب تعادل بازار (رقابتی) و برنامه‌ریز اجتماعی (کارا) بررسی می‌شود.

۱.۲.۳. تعادل بازار (رقابتی)

با توجه به اینکه در تعادل رقابتی (بازار)، بدون دخالت دولت، مصرف‌کنندهٔ نمونه تأثیر پیامد جنبی را بر تصمیم‌گیری مصرف خود در نظر نمی‌گیرد،^۳ مسئلهٔ بهینه‌سازی به صورت زیر است:

$$\max \int_0^{\infty} U(C(t), \hat{X}(t)) e^{-\rho t} dt = \int_0^{\infty} \frac{(C(t)\hat{X}(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt$$

st :

$$\dot{K}(t) = AK(t) - P_c(t)C(t) - \delta K(t)$$

1. Temporal
2. Intertemporal

۳. این مسئله با در نظر گرفتن علامت \wedge بر روی متغیر آلودگی (X) در تابع همبسته‌ترین نشان داده شده است.

بر اساس مجموعه وضعیت اولیه، مقادیر $C(0), K(0)$ مثبت و مشخص است. تابع همیلتونین جاری^۱ مسئله فوق به صورت زیر است:

$$H = \frac{(C(t)\hat{X}(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + q(t)[AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)] \quad (9)$$

همچنین شرط تراگردی^۲ به صورت زیر است.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} q(t)K(t)e^{-\rho t} = 0 \quad (10)$$

با توجه به مفروضات در نظر گرفته شده برای توابع مطلوبیت، تابع همیلتونین جاری مقعر خواهد بود. در این حالت، شرایط کافی حداکثرسازی نیز همراه با شرایط لازم برقرار خواهد بود. در تابع همیلتونین، متغیرهای مصرف (C) و سرمایه (K)، به ترتیب، متغیرهای کنترل^۳ و وضعیت^۴ است. متغیر q بیانگر قیمت سایه^۵ سرمایه و معرف متغیر هم‌وضعیت^۶ است که بر اساس وضعیت بهینه به دست می‌آید. همچنین، متغیر X آلودگی، P_C شاخص قیمت کالای مرکب، A شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) است. شرایط مرتبه اول مسئله بهینه‌سازی فوق به صورت زیر است:

$$\frac{\partial H}{\partial C} = C(t)^{-\sigma} X(t)^{-\nu(1-\sigma)} - q(t)P_C(t) = 0 \quad (11)$$

$$(12)$$

$$\frac{\partial H}{\partial K} = \rho q(t) - \dot{q}(t) \Rightarrow q(t)[A - \delta] = \rho q(t) - \dot{q}(t) \Rightarrow \dot{q}(t) = q(t)(\rho + \delta - A)$$

رابطه ۱۱ بیانگر برابری مطلوبیت نهایی مصرف و قیمت سایه سرمایه تعدیل شده بر اساس شاخص قیمت کالای مرکب است. همچنین رابطه ۱۲ بیانگر قاعده رمزی^۷ است. بر این اساس، قیمت سایه سرمایه با نرخ

۱. در نظریه کنترل بهینه (Optimal Control)، حل مسئله بهینه‌سازی به دو صورت استفاده از تابع همیلتونین حال (Present Hamiltonian)

و تابع همیلتونین جاری (Current Hamiltonian) امکان‌پذیر است. این دو روش به‌مثابه دو گان مسئله بهینه‌سازی پویاست. با فرض اینکه λ قیمت سایه سرمایه در مسئله همیلتونین حال باشد، تابع همیلتونی آن به صورت زیر است:

$$H_p = \left[\frac{(C(t)\hat{X}(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \right] e^{-\rho t} + q(t)[AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)]$$

بین قیمت‌های سایه در دو تابع فوق، رابطه $q(t) = \lambda(t)e^{-\rho t}$ برقرار است.

2. Transversality Condition

3. Control Variable

4. State Variable

5. Shadow Price

6. Co-state Variable

7. Ramsey's rule

برابر مجموع نرخ‌های ترجیح زمانی مصرف و استهلاک منهای بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) افزایش می‌یابد. پس از حل و ساده‌سازی مجموعه شرایط مرتبه اول حاصل از بهینه‌سازی پویا، نرخ رشد مصرف مسیر وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار به صورت زیر به دست می‌آید:^۱

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma} \left[v(1 - \sigma) \frac{\dot{X}(t)}{X(t)} + (A - \rho - \delta) - \frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)} \right] \quad (13)$$

جزء اول عبارت داخل کروشه، تأثیر منفی ناشی از آلودگی در نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) را نشان می‌دهد. ضروری است مقادیر نرخ رشد شاخص قیمت کالای مرکب $\left(\frac{P_C(t)}{P_C(t)}\right)$ و نرخ رشد آلودگی $\left(\frac{\dot{X}(t)}{X(t)}\right)$ بر حسب نرخ رشد مصرف به دست آید و در رابطه فوق جایگزین شود. به منظور محاسبه نرخ رشد آلودگی بر روی مسیر وضعیت پایدار از رابطه ۵ استفاده می‌شود. بر روی مسیر وضعیت پایدار، تغییرات نرخ رشد آلودگی برابر صفر است. با در نظر گرفتن این نکته، از رابطه ۵، لگاریتم و سپس دیفرانسیل گرفته می‌شود. بر این اساس، نرخ رشد آلودگی بر روی مسیر وضعیت پایدار به صورت زیر به دست می‌آید:

$$(\beta - \varepsilon) \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = \frac{\dot{X}(t)}{X(t)} \Rightarrow (\beta - \varepsilon) g_K = g_X \quad (14)$$

در رابطه بالا، g_X ، g_K به ترتیب نرخ رشد موجودی سرمایه و آلودگی است. این رابطه بیانگر آن است که با افزایش (کاهش) شاخص انتقال تکنولوژی پاک (ε)، نرخ رشد آلودگی کاهش (افزایش) می‌یابد. همچنین با کاهش (افزایش) شدت آلاینده‌گی تولید (β)، آلودگی کاهش (افزایش) می‌یابد.

به منظور محاسبه نرخ رشد شاخص قیمت کالای مرکب (g_{P_C}) باید مسئله حداکثرسازی دوره‌ای مصرف کننده نمونه، یعنی حداکثرسازی تابع زیرمطلوبیت $U(C(t)) = C_1(t)^{1-\phi} C_2(t)^\phi$ نسبت به محدودیت بودجه $P_C(t)C(t) = C_1(t) + \pi(t)C_2(t)$ حل شود.^۲ پس از حل و

۱. به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. در عین حال، نزد نویسندگان موجود است و در صورت نیاز می‌توان آن‌ها را ارائه کرد.

۲. فرض نرمال کردن قیمت داخلی به یک در این رابطه اعمال شده است.

ساده‌سازی، توابع تقاضای مصرف‌کننده نمونه برای دو کالای داخلی و خارجی یا وارداتی به صورت زیر به دست می‌آید.^۱

$$\begin{aligned} C_1(t) &= (1 - \phi)P_C(t)C(t) \\ C_2(t) &= \frac{\phi P_C(t)C(t)}{\pi(t)} \end{aligned} \quad (15)$$

پس از جایگذاری توابع فوق در تابع زیرمطلوبیت مصرف‌کننده و ساده‌سازی، تابع شاخص قیمت به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_C(t) = \left(\frac{1}{\phi}\right)^\phi \left(\frac{1}{1-\phi}\right)^{(1-\phi)} (\pi(t))^\phi \quad (16)$$

در رابطه فوق، $\frac{\partial P_C}{\partial \pi} > 0$ یعنی با افزایش رابطه مبادله (π) ، متناسب با سهم کالای وارداتی از کل مخارج مصرفی (ϕ) ، شاخص قیمت مصرف افزایش می‌یابد. بنابراین، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، هر قدر سهم کالای وارداتی در مصرف بیشتر باشد، با افزایش رابطه مبادله، شاخص قیمت به میزان بیشتری افزایش خواهد یافت. در عین حال، با تغییر شاخص قیمت، برآیند تأثیرات جانشینی و درآمدی ناشی از آن تعیین‌کننده تغییرات مصرف در طول مسیر رشد وضعیت پایدار خواهد بود. اگر از طرفین رابطه ۱۶ لگاریتم و دیفرانسیل گرفته شود، نرخ رشد شاخص قیمت به عنوان تابعی از نرخ رابطه مبادله به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)} = \phi \frac{\dot{\pi}(t)}{\pi(t)} \Rightarrow g_{P_C} = \phi g_\pi \quad (17)$$

با جایگذاری روابط ۱۴ و ۱۷ در رابطه ۱۳، نرخ رشد مصرف به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma} [v(1 - \sigma)(\beta - \varepsilon)g_K + (A - \delta - \rho) - \phi g_\pi] \quad (18)$$

حال لازم است نرخ رشد رابطه مبادله بر حسب نرخ رشد مصرف به دست آید. برای این منظور، از شرط تعادل تراز تجاری استفاده می‌شود. با فرض یکسان بودن ترجیحات تجاری مصرف‌کننده داخلی و خارجی و نیز برون‌زا بودن نرخ رشد مصرف خارجی، نرخ رشد رابطه مبادله به صورت زیر به دست می‌آید:^۲

۱. توابع تقاضای فوق با تشکیل تابع لاگرانژ و محاسبه مشتقات جزئی مرتبه اول آن به سادگی استخراج می‌شود.
 ۲. به منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. در عین حال، در نزد نویسندگان موجود است و در صورت نیاز ارائه خواهد شد.

$$g_{\pi} = \frac{\dot{\pi}(t)}{\pi(t)} = \frac{1}{(1 - \phi - \phi^*)} \left[\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi \right] \quad (19)$$

رابطه فوق بیانگر آن است که نرخ رشد رابطه مبادله، تابعی از شاخص‌های سهم کالای وارداتی در سبد مصرف‌کننده داخلی (ϕ) و سهم کالای صادراتی در سبد مصرف‌کننده خارجی (ϕ^*) و تفاوت نرخ رشد مصرف داخلی ($\frac{\dot{C}}{C}$) و خارجی (ψ) است. در مرحله بعد، نرخ رشد رابطه مبادله (رابطه ۱۹) در رابطه ۱۸ جایگزین می‌شود. بعد از ساده‌سازی، رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma} \left[(A - \delta - \rho) - v(1 - \sigma)(\beta - \varepsilon) \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} - \frac{\phi}{(1 - \phi - \phi^*)} \left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi \right) \right] \quad (20)$$

حال لازم است مقدار نرخ رشد موجودی سرمایه بر حسب نرخ رشد مصرف، محاسبه و در رابطه فوق جایگزین شود. با محاسبه نرخ رشد موجودی سرمایه بر روی مسیر وضعیت پایدار، با استفاده از رابطه ۵ و جایگذاری از روابط ۱۷ و ۱۹، نرخ رشد موجودی سرمایه فیزیکی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = \frac{\phi}{1 - \phi - \phi^*} \left[\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi \right] + \frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1 - \phi^*}{1 - \phi - \phi^*} \frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \frac{\phi\psi}{1 - \phi - \phi^*} \quad (21)$$

در نهایت، با جایگذاری مقدار بالا در رابطه ۲۰ و ساده‌سازی، نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\gamma_E = \left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} \right)_E = \left[\frac{(A - \delta - \rho)(1 - \phi - \phi^*) + \phi\psi [1 + v(1 - \sigma)(\beta - \varepsilon)]}{\sigma(1 - \phi - \phi^*) + v(1 - \sigma)(1 - \phi^*)(\beta - \varepsilon) + \phi} \right] \quad (22)$$

رابطه اخیر نرخ رشد مصرف بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار را تابعی از شاخص‌های الگو نشان می‌دهد.

۲.۲.۳. تعادل برنامه‌ریز اجتماعی (کارآ)

مسئله برنامه‌ریز اجتماعی این است: انتخاب مسیر بهینه مصرف، با فرض درون‌زادرنظرگرفتن جریان آلودگی (X)؛ به طوری که ارزش فعلی مطلوبیت طول عمر مصرف‌کننده نمونه، در افق نامحدود، حداکثر شود. بر این اساس، مسئله حداکثرسازی مدنظر به صورت زیر است:

$$\max \int_0^{\infty} U(C(t), X(t)) e^{-\rho t} dt = \int_0^{\infty} \frac{(C(t).X(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt \quad (23)$$

st :

$$\dot{K}(t) = AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)$$

بر اساس مجموعه شرایط اولیه، مقادیر $C(0), K(0)$ مثبت و مشخص است. تابع همیلتونین جاری مسئله فوق به صورت زیر است:

$$H = \frac{(C(t).X(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + q(t)[AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)] \quad (24)$$

همچنین شرط تراگردی^۱ به صورت زیر است:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} q(t)K(t)e^{-\rho t} = 0 \quad (25)$$

در مسئله فوق، تعریف متغیرها مانند مسئله تعادل بازار است. مجموعه شرایط مرتبه اول مسئله بهینه‌سازی برنامه‌ریز اجتماعی به صورت زیر است:

$$(26)$$

$$\frac{\partial H}{\partial C} = C(t)^{-\sigma} X(t)^{-\nu(1-\sigma)} - q(t)P_C(t) = 0 \Rightarrow C(t)^{-\sigma} X(t)^{-\nu(1-\sigma)} = q(t)P_C(t) \quad (27)$$

$$\frac{\partial H}{\partial K} = \rho q(t) - \dot{q}(t) \Rightarrow -\nu X(t)^{-\nu(1-\sigma)-1} C(t)^{1-\sigma} . X_K + q(t)[A - \delta] = \rho q(t) - \dot{q}(t)$$

$$\Rightarrow \dot{q}(t) = q(t)[\rho + \delta - A] + \nu X(t)^{-\nu(1-\sigma)-1} C(t)^{1-\sigma} . X_K$$

مشابه مسئله تعادل بازار، رابطه ۲۶ بیانگر برابری مطلوبیت نهایی مصرف و قیمت سایه سرمایه تعدیل شده بر اساس شاخص قیمت سبد کالای مرکب است. بر اساس قاعده رمزی در رابطه ۲۷، قیمت سایه سرمایه با نرخ برابر مجموع نرخ‌های ترجیح زمانی مصرف و استهلاک منهای بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) به‌علاوه تأثیر انباشت سرمایه در رفاه^۲ افزایش می‌یابد. پس از حل مجموعه شرایط مرتبه اول و ساده‌سازی، نرخ رشد مصرف در تعادل بازار به صورت زیر به دست می‌آید:^۳

1. Transversality Condition

۱. این اثر که برابر $X_K = \nu X^{-\nu(1-\sigma)-1} C^{1-\sigma}$ است، بیانگر تفاوت قاعده رمزی در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی است. این تفاوت ناشی از در نظر گرفتن تأثیر آلودگی در تصمیم‌گیری برای مصرف در مسئله تعادل برنامه‌ریز اجتماعی در مقایسه با تعادل بازار است.
۲. به‌منظور جلوگیری از طولانی شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. در این حال، در نزد نویسندگان موجود است و در صورت نیاز ارائه خواهد شد.

$$\left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} \right)_S = \frac{1}{\sigma} \left[(A - \delta)(1 - v(\beta - \varepsilon)) - \rho + v\sigma(\beta - \varepsilon) \frac{\dot{K}(t)}{K(t)} - \left(\frac{\dot{P}_c(t)}{P_c(t)} \right) \right] \quad (28)$$

حال به جای مقادیر $\left(\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} \right)$ و $\left(\frac{\dot{P}_c(t)}{P_c(t)} \right)$ از روابط ۱۷ و ۲۱ جایگزین ساخته می‌شود. پس از ساده‌سازی نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\gamma_S = \left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} \right)_S = \frac{[(A - \delta)(1 - v(\beta - \varepsilon)) - \rho](1 - \phi - \dot{\phi}) + \phi\psi[1 - \sigma v(\beta - \varepsilon)]}{\sigma(1 - \phi - \dot{\phi}) - v\sigma(\beta - \varepsilon)(1 - \dot{\phi}) + \phi} \quad (29)$$

مقایسه روابط ۲۲ و ۲۹ بیانگر تفاوت نرخ رشد بهینه مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی است. این تفاوت از وجود پیامد جنبی آلودگی و تأثیر شاخص انتقال تکنولوژی پاک، در کنار دیگر شاخص‌های الگو متأثر است. حال می‌توان سیاست زیست‌محیطی بهینه مالیات را برای انطباق نرخ رشد تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی تعیین کرد.

۳.۲.۳. سیاست زیست‌محیطی بهینه

از آنجا که با وجود پیامد جنبی آلودگی، تخصیص ناشی از سازوکار بازار بهینه نخواهد بود، ضروری است دولت با ابزار مناسب، در اصلاح وضعیت و درونی کردن تأثیرات پیامد جنبی آلودگی مداخله کند. در این خصوص، در چارچوب الگوی بررسی شده در قسمت قبل نشان داده شد که مقادیر نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی و بازار، متفاوت است. با توجه به اینکه مالیات یکی از سیاست‌های بسیار مهم زیست‌محیطی برای درونی کردن تأثیرات منفی ناشی از آلودگی است، باید مقدار بهینه مالیات را به دست آورد. طراحی سیاست مالیات در صورتی بهینه است که موجب انطباق مسیر رشد بهینه در تعادل بازار و تعادل برنامه‌ریز اجتماعی شود. با فرض اینکه دولت، مالیاتی با نرخ $(\tau > 0)$ بر تولید (درآمد) وضع کند، شرط تسویه بازار، در رابطه ۵، به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\dot{K}(t) = (1 - \tau)Y(t) - P_c(t)C(t) - \delta K(t) \quad (30)$$

حال، اگر مسئله انتخاب مسیر بهینه مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار با در نظر گرفتن محدودیت بالا حل شود، نرخ رشد مصرف تعادل بازار، بعد از مالیات، به صورت زیر به دست می‌آید:^۱

۱. با پیگیری فرایند محاسبات قسمت (۳-۲-۱)، محاسبه نتیجه فوق به سادگی امکان پذیر است. برای مطالعه بیشتر می‌توان به (Mohtadi(1997)، (Xepapadeas (2005) مراجعه کرد.

$$\gamma_E(\tau) = \frac{((1-\tau)A - \delta - \rho)(1 - \phi - \phi^*) + \phi\psi [1 + v(1-\sigma)(\beta - \varepsilon)]}{\sigma(1 - \phi - \phi^*) + v(1-\sigma)(\beta - \varepsilon)(1 - \phi^*) + \phi} \quad (31)$$

برای محاسبه نرخ مالیات بهینه کافی است نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار بعد از مالیات که در رابطه ۳۱ آمده، برابر نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل برنامه‌ریز اجتماعی در رابطه ۲۹، قرار داده شود. پس از ساده‌سازی مقدار نرخ بهینه مالیات بر تولید (درآمد)، (τ_0) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\tau_0 = \frac{1}{A} \left\{ [A - \delta - \rho + \frac{\phi\psi(1 + v(\beta - \varepsilon)(1 - \sigma))}{(1 - \phi - \phi^*)}] - \frac{\Delta_1}{\Delta_2} [(A - \delta)(1 - v(\beta - \varepsilon)) - \rho + \frac{\phi\psi(1 - v\sigma(\beta - \varepsilon))}{(1 - \phi - \phi^*)}] \right\} \quad (32)$$

در رابطه فوق، مقادیر Δ_1, Δ_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta_1 = \sigma(1 - \phi - \phi^*) + v(1 - \sigma)(\beta - \varepsilon)(1 - \phi^*) + \phi$$

$$\Delta_2 = \sigma(1 - \phi - \phi^*) - v\sigma(\beta - \varepsilon)(1 - \phi^*) + \phi$$

رابطه بیانگر این است که نرخ بهینه مالیات، همانند نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، تحت تأثیر شاخص‌های بهره‌وری کل عوامل تولید (A)، کشش آلودگی نسبت به تولید (سرمایه) (β)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان (v)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، نرخ استهلاک سرمایه (δ)، شاخص انتشار تکنولوژی پاک (ε)، عکس کشش بین دوره‌ای مصرف (σ)، شاخص‌های تجاری (ϕ, ϕ^*) و نرخ رشد مصرف خارجی (ψ) است.

در این میان، شاخص‌های کشش آلودگی نسبت به تولید و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و انتشار تکنولوژی پاک از نظر سیاست‌گذاری و طراحی سیاست‌های توسعه پایدار بیش از سایر شاخص‌ها حائز اهمیت است. کشش آلودگی نسبت به تولید که نشان‌دهنده ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و اهمیت نسبی محیط‌زیست نزد آن‌هاست، تحت تأثیر قوانین و استانداردهای زیست‌محیطی و سطح آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان است. مقدار بیشتر این شاخص، به معنی آسیب زیست‌محیطی بیشتر، ناشی از یک واحد اضافی تولید است که نشان‌دهنده آگاهی زیست‌محیطی و اهمیت دادن نسبی کمتر به محیط‌زیست توسط تولیدکنندگان است. دولت می‌تواند از طریق اعمال استانداردها و قوانین زیست‌محیطی شدیدتر در این شاخص تأثیر بگذارد. همچنین، شاخص ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان نشان‌دهنده آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و میزان اهمیت محیط‌زیست نزد آن‌هاست.

سطح آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان تحت تأثیر میزان آگاهی زیست‌محیطی آن‌ها، وضعیت اقتصادی و اجتماعی، سطح توسعه یافتگی و نیز سطح دانش عمومی درباره اهمیت محیط‌زیست است. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، مصرف‌کنندگان، در ارزیابی خود از محیط‌زیست، ارزش بیشتری برای آن قائل هستند. در نتیجه، یک واحد آلودگی بیشتر، آسیب زیست‌محیطی بیشتری برای آن‌ها به همراه دارد. از این رو، مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری به مشارکت برای بهبود کیفیت محیط‌زیست از طریق پرداخت مالیات‌های بیشتر خواهند داشت. در این خصوص، دولت می‌تواند از طریق اجرای برنامه‌های آموزشی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای حفاظت از محیط‌زیست، زمینه مشارکت عمومی در حفظ محیط‌زیست و دستیابی به توسعه پایدار را فراهم آورد.

شاخص انتقال تکنولوژی پاک نیز از طریق کاهش انتشار آلودگی ناشی از تولید (سرمایه) در میزان آلاینده‌گی تولید و کیفیت محیط‌زیست اثر می‌گذارد. با افزایش آن، مقدار انتشار آلودگی همراه با تولید کاهش یافته و در نتیجه، میزان دخالت بهینه دولت از طریق مالیات کاهش می‌یابد. دولت می‌تواند از طریق تغییر تکنولوژی‌های کمتر آلاینده و در جهت تحقق سیاست‌های سازوکار توسعه پاک، زمینه بهبود کیفیت محیط‌زیست را فراهم آورد.

۴. تجزیه و تحلیل تجربی الگو برای اقتصاد ایران

به منظور حل تجربی الگو لازم است از مقادیر شاخص‌های اثرگذار در مقادیر نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و نرخ بهینه مالیات مطلع بود. برای این منظور، می‌توان از تحقیقات گذشته یا تخمین الگوهای اقتصادسنجی مناسب استفاده کرد. پس از آن می‌توان با ایجاد تغییر در مقادیر شاخص‌ها، به تحلیل حساسیت نتایج پرداخت. بر اساس روابط ۲۲ و ۲۹ و ۳۲، شاخص‌های لازم شامل بهره‌وری کل عوامل تولید (A)، کشش آلودگی نسبت به سرمایه (β)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده (γ)، نرخ استهلاک سرمایه (δ)، انتشار تکنولوژی پاک (ε)، عکس کشش بین دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، سهم کالای وارداتی در سبد مصرف‌کننده داخلی (ϕ)، سهم کالای صادراتی در سبد مصرف‌کننده خارجی (ϕ^*) و نرخ رشد مصرف خارجی (ψ) است. در این رابطه، بعضی شاخص‌های فوق با تحقیق، محاسبه و تخمین زده شده و بعضی دیگر از مطالعات داخلی و خارجی استخراج شده است. جدول ۱، مقادیر شاخص‌های استفاده‌شده برای حل تجربی الگو و تجزیه و تحلیل حساسیت را نشان می‌دهد.

با توجه به مقادیر شاخص‌های در نظر گرفته شده، مقدار نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی محاسبه شده است. مقادیر نرخ‌های رشد به دست آمده بیانگر این است که نرخ رشد مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی به ترتیب برابر ۰/۱۰۷۶ و ۰/۰۸۲۹ است.

جدول ۱. مقادیر اولیه شاخص‌های استفاده شده برای حل الگو

منبع	مقدار	توصیف	شاخص
عسگری (۱۳۸۲)	۲/۷	معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای (نرخ هموارکننده مصرف یا ضریب ریسک‌گریزی نسبی)	σ
بهبودی و برقی گلغذایی (۱۳۸۷)	۱/۳	کشش آلودگی نسبت به سرمایه (شدت آلودگی ناشی از تولید) ^۱	β
کیارسی (۱۳۸۶)	۰/۰۹	نرخ ترجیح زمانی مصرف	ρ
محاسبات تحقیق ^۲	۰/۳۸	بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه)	A
آمارنامه گمرک ج.ا. (۱۳۸۵)	۰/۰۹	سهم واردات در سبد مصرف‌کننده داخلی	ϕ
آتکناد (۲۰۱۰) ^۳	۰/۰۲	سهم کالای صادراتی در سبد مصرف‌کننده خارجی	ϕ^*
بانک جهانی (۲۰۰۸) ^۴	۰/۰۳۷	نرخ رشد خارجی	ψ
پالما و همکاران (۲۰۱۰) ^۵	۰/۲	حساسیت مصرف‌کننده (ترجیحات) نسبت به آلودگی	ν
محاسبات تحقیق ^۶	۰/۱۵	انتشار تکنولوژی پاک	ε
امینی و نشاط (۱۳۸۴)	۰/۰۳۷	نرخ استهلاک سرمایه	δ

منبع: گردآوری و محاسبات تحقیق

۱. در برآورد این تحقیق، مقدار مشابهی برای این شاخص به دست آمده است.

۲. متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) بر اساس داده‌های گزارش بهره‌وری اقتصاد ایران (۱۳۸۹) محاسبه شده است.

3. UNCTAD

4. World Bank

مقدار متوسط نرخ رشد جهانی بر اساس آمار موجود در سایت www.indexmundi.com محاسبه شده است.

5. Palma et al

۶. به منظور برآورد شاخص انتقال تکنولوژی پاک سیستم معادلات زیر تصریح و به روش حداقل مربعات سهم‌های برای اقتصاد ایران برآورد شده است.

$$\begin{cases} \ln Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_t + \alpha_2 \ln H_t + \alpha_3 \ln Z_t + e_1 \\ \ln Z_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln Y^2_t + \beta_3 \ln OP_t + e_2 \end{cases}$$

در سیستم معادلات فوق، Y تولید، K موجودی سرمایه فیزیکی، H موجودی سرمایه انسانی، Z شدت انتشار آلودگی و OP شاخص بازبودن اقتصاد است. شاخص بازبودن اقتصاد به منظور نشان دادن تأثیر تجارت در کیفیت محیط زیست (شدت انتشار آلودگی) در نظر گرفته شده است. در این رابطه، به پیروی از Grubb (2000) ضریب β_3 شاخص انتقال تکنولوژی پاک در نظر گرفته شده است.

کمتر بودن مقدار نرخ رشد در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی در مقایسه با تعادل بازار، ناشی از وجود پیامد جنبی آلودگی است که در تعادل بازار در نظر گرفته نمی‌شود. مقادیر نرخ‌های رشد مصرف برپایه مقادیر شاخص‌های الگو در جدول زیر آمده است.

جدول ۲. مقادیر اولیه نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و مالیات بر آلودگی

متغیر	نرخ رشد تعادل بازار	نرخ رشد تعادل برنامه‌ریز اجتماعی	مالیات بهینه
مقدار	۰/۱۰۷۶	۰/۰۸۲۹	۰/۱۵۴

منبع: محاسبات تحقیق^۱

بر این اساس، مقدار بهینه مالیات بر تولید (درآمد) برابر ۱۵/۴ درصد می‌باشد. این میزان مالیات را دولت به منظور انطباق نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل برنامه‌ریز اجتماعی و بازار وضع می‌کند. در مرحله بعد، به منظور تجزیه و تحلیل حساسیت الگو، شاخص‌های الگو به میزان ۱۰ درصد افزایش داده شده و حساسیت مالیات بهینه نسبت به این تغییر تحلیل شده است. جدول زیر بیانگر نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت الگوست.

جدول ۳. نتایج تحلیل حساسیت ناشی از تغییر ۱۰ درصدی در شاخص‌ها

تغییرات در	مقادیر تعادل رقابتی		مقادیر تعادل برنامه‌ریز اجتماعی		نرخ مالیات
نرخ رشد متغیر	$\left(\frac{\pi}{C}\right)_E$	$\left(\frac{\pi}{C}\right)_S$	$\left(\frac{C}{C}\right)_E$	$\left(\frac{C}{C}\right)_S$	τ_0
$\Delta\sigma$	-۰/۰۰۴۸۷	-۰/۰۰۹۵۸	-۰/۰۰۷۳۰	-۰/۰۰۸۲۱	۰/۰۰۴۸۷
$\Delta\beta$	۰/۰۰۲۱۸	۰/۰۰۲۴۵	-۰/۰۰۱۳۵	-۰/۰۰۱۵۲	۰/۰۰۱۸۴
$\Delta\rho$	-۰/۰۰۳۷۹	-۰/۰۰۴۲۶	-۰/۰۰۴۲۵	-۰/۰۰۴۷۷	۰/۰۰۲۸۳
ΔA	۰/۰۱۶۰۲۹	۰/۰۱۸۰۱۱	۰/۰۱۳۸۱	۰/۰۱۵۵۲۷	-۰/۰۰۱۵۲
$\Delta\phi$	-۰/۰۰۰۲۰۳	۰/۰۰۰۵۸۰	-۰/۰۰۰۰۹۲	۰/۰۰۰۴۲۲	-۰/۰۰۰۲۵۰
$\Delta\phi^*$	-۰/۰۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۱۷۴	-۰/۰۰۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۱۱۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۵
$\Delta\psi$	۰/۰۰۰۰۹۶۱	-۰/۰۰۰۴۰۴۹	۰/۰۰۰۰۶۶۹	-۰/۰۰۰۴۰۸۲	۰/۰۰۰۰۱۸۱
Δv	۰/۰۰۱۹۲	۰/۰۰۲۱۶	-۰/۰۰۱۱۹	-۰/۰۰۱۳۴۴	۰/۰۱۶۳۳
$\Delta\varepsilon$	-۰/۰۰۰۲۴۶	-۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۱۵۰	۰/۰۰۰۱۶۹	-۰/۰۰۰۲۱۱
$\Delta\delta$	-۰/۰۱۵۱۵۴	۰/۰۷۷۶۶	-۰/۰۱۱۶۶	۰/۰۱۲۳۵	-۰/۰۰۱۳۴۲

منبع: محاسبات تحقیق

۱. محاسبات تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای 7 Eviews, 5 Mathematica, Excel انجام شده است.

مقادیر جدول فوق نشان‌دهنده تغییر نرخ رشد مصرف، رابطه مبادله وضعیت پایدار (SS) در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی، تعادل بازار و تغییرات نرخ بهینه مالیات در نتیجه افزایش ۱۰ درصدی در شاخص‌های الگوست؛ برای مثال، علامت مثبت در ستون دوم و سطر ششم، در مقابل ΔA ، بیانگر تأثیر مثبت افزایش ۱۰ درصدی بهره‌وری کل عوامل تولید در نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار است.

تجزیه و تحلیل رفتار مالیات نشان‌دهنده این نکته است که تغییر در مسیر مصرف تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی اثر چشمگیری در نرخ مالیات بهینه بر جای می‌گذارد. نتیجه کلی جدول فوق بیانگر این است که با افزایش شکاف بین نرخ رشد بهینه تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، میزان مالیات بهینه افزایش یافته و با کاهش آن، مقدار مالیات نیز کاهش می‌یابد. در عین حال، این نتیجه تحت تأثیر تأثیرات جانشینی و درآمدی ناشی از تغییر رابطه مبادله و قیمت‌های نسبی است که در نتیجه تغییر هر یک از شاخص‌های الگو اتفاق می‌افتد. بر این اساس، اگر قیمت‌های آتی در مقایسه با قیمت‌های حال، کمتر (بیشتر) باشد، مصرف‌کنندگان مصرف حال خود را کاهش (افزایش) و پس‌انداز خود را افزایش (کاهش) می‌دهند (اثر جانشینی). در مقابل، اگر قیمت‌های نسبی در تمامی دوره‌ها کمتر (بیشتر) باشد، مصرف‌کنندگان مقدار مصرف خود را افزایش (کاهش) و پس‌انداز خود را کاهش (افزایش) می‌دهند (اثر درآمدی).

با افزایش پس‌انداز، انباشت سرمایه افزایش و در نتیجه تولید و به‌دنبال آن انتشار آلودگی افزایش خواهد یافت. در نتیجه، از نظر برنامه‌ریز اجتماعی، هر گونه تغییری که به افزایش انباشت سرمایه و افزایش انتشار آلودگی منجر شود، بیانگر لزوم افزایش دخالت دولت از طریق افزایش نرخ‌های مالیات است. بر این اساس، نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار (SS) بیانگر نکات زیر است:

۱. مالیات زیست‌محیطی نسبت به شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده (β) و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده (v) بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. پس از آن، به ترتیب معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، انتشار تکنولوژی پاک (ε)، بهره‌وری کل عوامل تولید (A) و نرخ استهلاک سرمایه (δ) بیشترین تأثیر را در مالیات می‌گذارد. در عین حال، مالیات زیست‌محیطی کمترین حساسیت را نسبت به شاخص‌های نرخ رشد خارجی (ψ) و شاخص‌های تجاری (ϕ, ϕ^*) دارد.

۲. شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده (β)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده (v)، معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ ترجیح زمانی (ρ) و نرخ رشد خارجی (ψ) تأثیر مثبتی در نرخ بهینه مالیات دارد.

۳. شاخص‌های بهره‌وری کل عوامل تولید (A)، انتشار تکنولوژی پاک (E)، نرخ استهلاک سرمایه (δ) و شاخص‌های تجاری (ϕ, ϕ^*) تأثیر منفی در نرخ بهینه مالیات دارد.

تأثیر چشمگیر شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده در نرخ مالیات بهینه، بیانگر نتیجه سیاستی مهمی است. بدین معنا که دولت می‌تواند از طریق اجرای برنامه‌های آموزشی و افزایش سطح آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان، زمینه مشارکت این گروه‌ها را در بهبود کیفیت محیط‌زیست و دستیابی به اهداف توسعه پایدار فراهم کند. این مسئله از این نظر اهمیت دارد که اجرای سیاست مالیات بر آلودگی به عنوان راه‌حل کاهش پیامدهای جنبی آلودگی ممکن است با مشکلات اجرایی همراه باشد.

در نهایت، به منظور بررسی تأثیرات ناشی از تعمیم الگو به اقتصاد باز در نرخ‌های رشد وضعیت پایدار و مالیات بهینه، الگو در اقتصاد بسته حل شده است.^۱ بر این اساس، نرخ مالیات بهینه برابر ۱۷/۸۵ درصد است. بیشتر بودن مقدار نرخ مالیات بهینه در اقتصاد بسته، بیانگر انحراف بیشتر نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل برنامه‌ریز اجتماعی و بازار است. مقادیر نرخ رشد تعادل برنامه‌ریز اجتماعی و بازار در چارچوب اقتصاد بسته به ترتیب برابر ۰/۱۱۲۰ و ۰/۰۸۱۹ است. این نتیجه تحت تأثیر شاخص‌های اقتصاد باز، یعنی انتقال تکنولوژی پاک و نرخ رشد مصرف اقتصاد جهانی و شاخص‌های تجاری است.

در این بین، شاخص انتشار تکنولوژی پاک، در مقایسه با دیگر شاخص‌های یادشده، از اثرگذاری بیشتری برخوردار است. با افزایش انتشار تکنولوژی پاک، همراه با کاهش آلودگی ناشی از تولید، انحراف نرخ‌های رشد تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی کاهش یافته و در نتیجه، نرخ مالیات بهینه کاهش می‌یابد. بر این اساس، می‌توان گفت شاخص انتقال تکنولوژی پاک، یکی از عوامل اثرگذار در نرخ بهینه مالیات است که تأثیر چشمگیری در میزان انحراف تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی دارد و از این رو، نوعی دخالت دولت از طریق مالیات است.

۵. جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی

تا پیش از دهه هفتاد، پیامدهای جنبی زیست‌محیطی و آلودگی در الگوسازی رشد جایگاهی نداشته است. از این زمان به بعد، با شدت گرفتن مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی همراه با فرایند رشد اقتصادی، موج جدیدی از مطالعات نظری و تجربی در الگوسازی رشد، با وجود ملاحظات زیست‌محیطی، شکل گرفت.

۱. برای محاسبه مقادیر نرخ‌های رشد و نرخ مالیات در چارچوب اقتصاد بسته کافی است مقادیر شاخص‌های نرخ رشد جهانی، سرریز دانش و شاخص‌های تجارت را در روابط ۱۹ و ۲۶ و ۲۹، برابر صفر قرار می‌دهیم و مقادیر مدنظر را محاسبه کنیم.

مطالعات مختلف با در نظر گرفتن چارچوب الگوهای رشد و وارد کردن ملاحظات زیست‌محیطی در قالب یکی از دو متغیر آلودگی و کیفیت محیط‌زیست این الگوها را توسعه نظری دادند. در این خصوص، یکی از نکات بسیار مهم، تعیین سیاست بهینه کنترل آلودگی و کاهش تأثیرات منفی آن است.

مالیات‌های مستقیم بر آلودگی (مالیات پیگویی)، مالیات‌های غیرمستقیم بر آلودگی، وضع قوانین و مقررات و تعیین استانداردهای زیست‌محیطی عمده‌ترین روش‌های کنترل آلودگی است. در این میان، مالیات زیست‌محیطی بهینه ابزاری مناسب برای درونی کردن تأثیرات جنبی آلودگی و انطباق نرخ‌های رشد بازار و برنامه‌ریز اجتماعی است. تعیین مالیات زیست‌محیطی از نظر کنترل آلودگی نوعی پیامد جنبی مهم و اثرگذار بر رفاه جامعه بوده و معرفی آن به مثابه نوعی پایه مالیاتی جدید حائز اهمیت است.

با وجود کثرت مطالعات نظری و تجربی در خصوص تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه، بیشتر این مطالعات، در الگوسازی خود، از چارچوب اقتصاد بسته استفاده می‌کنند و انتقال تکنولوژی پاک را در نظر نمی‌گیرند. این در حالی است که تجارت بین‌الملل و استفاده از چارچوب اقتصاد باز می‌تواند راهی برای انتقال تکنولوژی پاک باشد. همچنین از طریق کاهش انتشار آلودگی همراه با تولید، در رفاه جامعه تأثیر مثبتی بگذارد. اهمیت انتقال تکنولوژی پاک، در سال‌های اخیر، با طرح ایده سازوکار توسعه پاک (CDM) در قالب پروتکل کیو تو افزایش یافته است.

یکی از نکات بسیار مهم در این طرح، تسهیل فرایند انتقال تکنولوژی پاک و کمتر آلاینده از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه است. بر این اساس، هدف اصلی مطالعه حاضر تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه مالیات در چارچوب نوعی الگوی پویا در اقتصاد باز است. برای این منظور، امکان انتقال تکنولوژی پاک به الگوی رشد AK اضافه شده و الگو به صورت نظری به اقتصاد باز تعمیم داده شده است. همچنین در این چارچوب، متغیر زیست‌محیطی آلودگی به صورت متغیری جریانی در نظر گرفته شده است. ویژگی اصلی اقتصاد موضوع مطالعه، ایجاد آلودگی در فرایند رشد اقتصادی و تأثیر منفی آن در رفاه جامعه است. در عین حال، انتقال تکنولوژی پاک از طریق کاهش انتشار آلودگی تأثیر مثبتی در کیفیت محیط‌زیست و رفاه جامعه بر جای می‌گذارد.

به منظور تعیین میزان مالیات زیست‌محیطی با استفاده از نظریه کنترل بهینه، مقادیر نرخ رشد مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) محاسبه و نرخ مالیات بر تولید به عنوان ابزاری برای انطباق این دو نرخ محاسبه شده است. حل الگو به روش هامیلتونین، بیانگر این نتیجه است که مقادیر نرخ رشد در تعادل وضعیت پایدار (SS) و مالیات بهینه، تابع این شاخص‌هاست: ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده، ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده، بهره‌وری کل عوامل تولید، انتشار

تکنولوژی پاک، نرخ استهلاک سرمایه، نرخ ترجیح زمانی مصرف، نرخ رشد مصرف خارجی، معکوس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف و شاخص‌های تجاری.

در مرحله بعد، با استفاده از شاخص‌های متناظر با اقتصاد ایران، الگوی مدنظر به صورت تجربی حل شده است. نتایج حل تجربی الگو بیانگر این است که نرخ بهینه مالیات بر آلودگی، برابر ۱۵/۴ درصد است. همچنین براساس نتایج تحلیل حساسیت، شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده بیشترین تأثیر و شاخص‌های نرخ رشد خارجی و شاخص‌های تجاری کمترین تأثیر را در مالیات زیست‌محیطی در ایران دارد. هرگونه تغییر در شاخص‌های الگو که موجب افزایش انحراف نرخ‌های رشد تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی شود نیز موجب افزایش نرخ مالیات بهینه می‌شود.

در پایان، باید به این نکته اشاره کرد که اگرچه به‌منظور کاهش پیچیدگی حل تحلیلی الگوی رشد تعمیم‌یافته استفاده شده، از فروض ساده‌سازی و محدودکننده استفاده شده است، نتایج حاصل از حل تجربی نرخ‌های رشد و تحلیل حساسیت بیانگر نتایج سیاستی بسیار مهم است. با توجه به تأثیر چشمگیر شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان در نرخ مالیات بهینه، دولت می‌تواند از طریق ابزار و روش‌های مناسب فرهنگی و آموزشی، آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را افزایش دهد. انتظار می‌رود با افزایش اهمیت محیط‌زیست نزد این گروه‌ها، زمینه افزایش مشارکت آن‌ها در حفاظت از محیط‌زیست و دستیابی به اهداف توسعه پایدار فراهم شود.

دولت می‌تواند از طریق ابزار قانون‌گذاری، مانند استانداردهای زیست‌محیطی و تجهیزات کنترل آلودگی، در میزان اثرگذاری تولید (انباشت سرمایه) در محیط‌زیست اثر بگذارد. در عین حال، با توجه به اینکه اعمال سیاست‌های زیست‌محیطی شدیدتر و اجبار تولیدکنندگان به کنترل آلودگی موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود، ضروری است نتیجه تحلیل هزینه فایده اعمال این گونه سیاست‌ها مدنظر برنامه‌ریزان قرار گیرد. در این خصوص، به‌منظور کاهش هزینه‌های ناشی از اعمال این سیاست‌ها بر تولیدکنندگان، استفاده از سیاست‌های ترکیبی، مانند سیاست مالیاتی و درجه‌ای از قانون‌گذاری به‌همراه افزایش آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان می‌تواند راهکار مناسب تلقی شود. علاوه بر این، با توجه به تأثیر مثبت شاخص انتقال تکنولوژی پاک در رفاه و کاهش آلودگی می‌توان سیاست تجاری را در جهت تسهیل هرچه بیشتر این انتقال طراحی کرد. افزایش سرعت انتقال تکنولوژی پاک نیز می‌تواند بر سرعت انتقال اقتصاد به مسیر رشد وضعیت پایدار بر روی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی تأثیر مثبتی بر جای گذارد. این مسئله همسو با شکل‌گیری سازوکار توسعه پاک (CDM) در پروتکل کیوتو و حمایت از انتقال تکنولوژی پاک، به‌ویژه از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه، است. درنهایت،

به منظور بهبود الگوسازی و دستیابی به نتایج واقعی‌تر، توصیه می‌شود با در نظر گرفتن آلودگی به صورت متغیری موجودی و درون‌زاد در نظر گرفتن انتقال تکنولوژی پاک، دوباره الگو را حل کرده و به مقایسه نتایج با الگوی مطالعه حاضر پرداخته شود.

منابع و مآخذ

- آمارنامه گمرک جمهوری اسلامی ایران، سال‌های مختلف.
- امین‌رشتی، ناریس، ۱۳۸۴، *مالیات‌های سبز با تأکید بر مصرف بنزین*، پایان‌نامه دکتری اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.
- امینی، علیرضا و نشاط حاجی محمد، ۱۳۸۴، *برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۳۸ تا ۱۳۸۱*، مجله برنامه و بودجه، ش ۹۰، ص ۸۶ تا ۵۳.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، معاونت اقتصادی، اداره حساب‌های اقتصادی، گزارش بهره‌وری اقتصادی ایران، ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۶.
- بهبودی، داود و اسماعیل برقی گل‌غذایی، ۱۳۸۷، «اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران»، فصل‌نامه اقتصاد مقداری، دوره ۵، ش ۴، ص ۵۳ تا ۳۵.
- پژویان، جمشید، ۱۳۸۵، «منابع گسترش پایه‌های مالیاتی در اقتصاد ایران»، مجموعه مقالات اقتصاد ایران در گام نهم با تأکید بر اقبال کم‌درآمد و مناطق محروم، وزارت امور اقتصاد و دارایی.
- پژویان، جمشید، ۱۳۸۶، «مالیات سبز، پایه‌ای جدید در نظام مالیاتی ایران و آثار آن بر اقبال مختلف»، مجموعه مقالات اولین همایش سیاست مالی و مالیاتی، سازمان امور مالیاتی کشور.
- پژویان و مراد حاصل، ۱۳۸۶، «بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا»، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی، ش ۴، ص ۷، ص ۱۴۱ تا ۱۶۰.
- پژویان، جمشید و مریم لشکری‌زاده، ۱۳۸۹، «بررسی عوامل اثرگذار بر رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست»، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ش ۴۲، ص ۴، ص ۱۶۹ تا ۱۸۸.
- درویشی، باقر، ۱۳۸۷، «محاسبه مالیات بر فرآوردهای نفتی براساس هزینه اجتماعی گازهای آلاینده»، سازمان امور مالیاتی کشور، دفتر مطالعات و تحقیقات مالیاتی.
- صادقی و فشاری، ۱۳۸۹، «برآورد رابطه بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت زیست‌محیطی، مطالعه موردی ایران (۱۳۵۰-۱۳۸۶)»، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ش ۴۴، ص ۱۵، ص ۸۳ تا ۶۷.

صادقی، حسین و علی عباس حیدری، ۱۳۸۱، «کاربرد مالیات و یارانه‌ها در کاهش آلودگی صنایع تهران»، مجله پژوهش‌های اقتصادی، ش ۲ (۴)، ص ۱۵۵ تا ۱۸۹.

صالح و همکاران، ۱۳۸۸، «بررسی رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران: مطالعه موردی گاز دی‌اکسید کربن»، اقتصاد کشاورزی و توسعه، ش ۶۶، ص ۱۷، ص ۱۹ تا ۴۱.

طیبنیا، علی، ۱۳۸۴، مقدمه‌ای بر اصلاح نظام مالیاتی ایران، طرح پژوهشی سازمان مالیاتی کشور.

عسکری، احسان، ۱۳۸۲، کاربرد و سازگاری الگوی رشد درون‌زا در اقتصاد ایران: الگوی کینگ ریلبو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

فطرس و همکاران، ۱۳۸۹، «مطالعه رابطه آلودگی هوا و رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت»، فصل‌نامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ش ۱، ص ۱، ص ۵۹ تا ۷۷.

کیارسی، مهرباب، ۱۳۸۶، نرخ بهینه مالیات و مخارج دولتی در چارچوب الگوی سه‌بخشی رشد درون‌زا، الگوی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

گرگیان، مرتضی، ۱۳۷۷، سیاست مالی برای کنترل آلودگی محیط‌زیست، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

مک، موران و دیوید نلور، ۱۳۸۲، سیاست مالیاتی و محیط‌زیست، نظریه و کاربرد، جستارهایی در سیاست‌گذاری مالیاتی، ترجمه فرشته حاج‌محمدی، تهران: دانشکده امور اقتصادی.

نصراللهی، زهرا و مرضیه غفاری گولک، ۱۳۸۸، توسعه اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در کشورهای عضو پیمان کیوتو و کشورهای آسیای جنوب‌غربی (با تأکید بر منحنی زیست‌محیطی کوزنتس)، پژوهش‌نامه علوم اقتصادی، ش ۳۵، ص ۹، ص ۱۰۵ تا ۱۲۶.

وصفی اسفستانی، شهرام، ۱۳۸۵، بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط‌زیست و انرژی در قالب الگوی داده‌ستانده بسط‌یافته با تأکید بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی.

Adit, S, 1998, "Political Internalization of Economic Externalities and Environmental Policy", *Journal of Public Economics*, Vol. 69, pp. 1-16.

Alemdar, N.M. and S. Ozyildirim, 2002, "Knowledge Spillover, Transboundary Pollution and Growth", *Oxford Economic Papers*, Vol. 54, pp. 597-616.

Ariga, J, 2002, "Internalizing Environmental Quality in a Simple Endogenous Growth Model", Department of Agricultural and Resource Economics University of Maryland College Park, MD 20742.

Barro, R.J, 1990, "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, pp. 103-125 (part 2).

Barro, R.J X. Sala-i-Martin, 2004, *Economic Growth*, MIT Press, Second Edition, Cambridge, MA.

Basetti ,J., N. Benos, And S. Karagiannis, 2010, “How policy Can Influence Human Capital Accumulation and Environment Quality”, *MPRA Paper* No.30, March 2010.

Bovenberg, A. L. and R. A. de Mooij, 1994, “Environmental Tax Reform and Endogenous Growth” *Journal of Public Economics*, Vol. 63, pp. 207-237.

Eismont, O, 1994, “Economic Growth with Environmental Damage and Technical Progress”, *Environment and Resource Economics*, Vol. 4, pp. 241-249.

Fullerton, D. and S. R. Kim, 2008, “Environmental Investment and Policy with Distortionary Taxes and Endogenous Growth”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 56, pp. 141-154.

Greiner, A., 2007, “Environmental Pollution, the Public Sector and Economic Growth”, *Department of Business Administration and Economics*, Bielefeld University, P.O. Box 100131, 33501 Bielefeld, Germany.

Grimaud, A. and F. Ricci, 2003, “The Growth-Environment Trade-off: Horizontal vs Vertical Innovations”, *Fondazione ENI E. Mattei Working Paper*, Vol. 99.34. Milan.

Grubb, 2000, “Economic Dimensions of Technological and Global Responses to the Kyoto Protocol”, *Journal of Economic Studies*, Vol. 27, No. 1, pp. 111-25.

Gupta, R. M. and T. R. Barman, 2009, “Health, Infrastructure, Environment and Endogenous Growth”, *Journal of Macroeconomics*.

Hartman, R. and O-Sung. Kwon, 2005, “Sustainable Growth and the Environmental Kuznets Curve”, *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 29, pp. 1701-1736.

Ihori, T, 1996, *Environment Externalities, Growth and Consumption Taxes*, Faculty of Economics University of Tokyo.

Kaneko, A, 2000, “Terms of Trade, Economic Growth, and Trade Patterns: A Small Open-Economy Case”, *Journal of International Economics*, Vol. 52, pp.169-181.

Keller, E., M. Spence and R. Zeckhauser, 1971, “The Optimal Control of Pollution”, *Journal of Economic Theory*, Vol. 4, pp.19-34.

Michel, P. and G. Rotillon, 1995, “Disutility of pollution and endogenous growth”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 6, No. 3, pp. 279–300.

Mohtadi, H, 1996, “Environment, Growth and Optimal Policy design”, *Journal of Public Economics*, Vol. 63, Issue. 1, pp. 119-140.

Palma, C. R., A. F. Lopes. and T.N. Sequeira, 2010, “Analysis Externality in an Endogenous Growth Model with Social and Ntural Capital”, *Ecological Economics*, Vol. 69, pp. 603-612.

Pautrel, X, 2007, ”Pollution, Health and Life Expectancy: How Environmental Policy Can Promote Growth”, *CCMP – Climate Change Modeling and Policy, Social Science Research Network Electronic Paper Collection*: (Online). <<http://ssrn.com/abstract=1024742>>

Sampaolesi, A. G, 2003a, "Environment, Trade and Economic Growth: What Do We Really Know?", *Priverdena Izgradnja*, Vol. XLVI: 3-4, pp. 143-152.

Sampaolesi, A. G, 2003b, *Environment: International Trade and Growth, Optimal Pollution Tax under Imperfect Competition and International Trade: The Small Country Case*, PhD Thesis, University of Washington.

Serven, L, 1999, "Terms-of-Trade Shocks and Optimal Investment: Another Look at the Laursen-Metzler Effect", *Journal of International Money and Finance*, No. 18, pp. 337-365.

Sirakaya, S., S. Turnovsky, and N. M. Alemdar, 2009, "Economic Growth, Trade, and Environmental Quality", *Review of International Economics*., Vol. 17, No. 5, pp. 906-926.

Smulders, S, 1995, "Entropy , Environment and Endogenous Growth", *International Tax and Public Finance*, Vol. 2, pp. 319-340.

Stokey, N, 1998, "Are There Limits to Growth?", *International Economic Review*, Vol. 39, No.1, pp.1-31.

UNCTAD (2010), WWW.UNECTAD.org

Wendner, R, 2003, "Status , Environmental Externality and Optimal Tax Program", *Economic Bulletin*, Vol. 8, No. 5, pp. 1-10.

World Development Indicators, 2008, WWW.Worldbank.org.

Xepapadeas, A, 2005, "Economic Growth and the Environment", In: Mäler, K. G., Vincent, J. (Eds), *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 3, Elsevier, Amsterdam, pp. 1219-1271.