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

جواد هراتی[1] کریم اسلاملوئیان[2] محمدعلی قطمیری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۱۱

چکیده

تعیین مالیات زیست‌محیطی ازنظر کنترل آلودگی نوعی پیامد جنبی مهم و اثرگذار در رفاه جامعه است و معرفی آن به‌عنوان نوعی پایهٔ مالیاتی جدید حائز اهمیت است. بر این اساس، هدف اصلی مطالعهٔ حاضر تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینهٔ مالیات در چارچوب الگویی پویاست. برای این منظور، امکان انتقال تکنولوژی پاک به الگوی رشد AK اضافه شده و الگو به‌صورت 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 ازطریق کاهش انتشار آلودگی، تأثیر مثبتی در کیفیت محیط‌زیست و رفاه جامعه بر جای می‌گذارد. به‌منظور تعیین میزان مالیات زیست‌محیطی با استفاده از نظریهٔ کنترل بهینه، مقادیر نرخ رشد مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS)[4] 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 این‌هاست: شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده، کشش آلودگی نسبت‌به تولید، بهره‌وری کل عوامل تولید، انتشار تکنولوژی پاک، نرخ رشد مصرف خارجی، نرخ استهلاک سرمایه، معکوس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای مصرف و شاخص‌های تجاری. در مرحلهٔ بعد، با استفاده از شاخص‌های متناظر با اقتصاد ایران، الگوی مدنظر به‌صورت تجربی حل شده است. نتایج حل تجربی، بیانگر این است که نرخ بهینهٔ مالیات بر آلودگی حدوداً ۱۵درصد است. همچنین براساس نتایج تحلیل حساسیت، شاخص‌های کشش آلودگی نسبت‌به 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: meghetmiri@gmail.com

4. Steady State

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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 توسعهٔ اقتصادی در هر کشور، افزایش سطح استاندارد و رفاه آن جامعه است؛ اما حدوداً تمام فعالیت‌های اقتصادی بشر با آسیب‌های زیست‌محیطی همراه است که خود، اثری منفی در رفاه جامعه دارد. این درحالی است که محیط‌زیست دامنهٔ وسیعی از کارکردها و خدمات ارزشمند اقتصادی دارد، مانند تأمین منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، ارائهٔ کالاهای طبیعی مانند چشم‌اندازهای طبیعی و امکانات رفاهی و جذب ضایعات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی برای انسان. بااین‌حال، 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؛ ازاین‌رو، ضروری است دولت ازطریق اِعمال سیاست‌های مناسب زیست‌محیطی، تأثیرات منفی ناشی از آلودگی را درونی کند.[1]

دخالت دولت به‌منظور اصلاح تأثیرات پیامدهای جنبی زیست‌محیطی و کنترل آلودگی ازطریق 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 تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در این چارچوب، بنگاه آلاینده به‌منظور 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 به‌جای اخذ مالیات مستقیم برحسب واحد آلودگی، مالیات را بر نهاده‌های تولید یا کالاهای مصرفی وضع می‌کند که استفاده از آن‌ها به‌نوعی با آسیب زیست‌محیطی در ارتباط است. این نوع مالیات به‌دلیل توجه به مصرف ازطریق کاهش تولید و وضعیت نگهداری و بهبود تکنولوژی موجب کنترل بیشتر آلاینده‌ها با هزینهٔ بیشتری درمقایسه‌با مالیات پیگوئی می‌شود. هر دو نوع مالیات‌های مستقیم و غیرمستقیم زیست‌محیطی، به‌جای استفاده از سیاست‌های کنترلی و دستوری، بر سیستم قیمتی متکی است.

1. Internalize

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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، درصورت تخلف از این استانداردها، با توقف تولید یا جریمه‌های سنگین مواجه می‌شوند.

ازآنجاکه 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 اضافه‌کردن فرض انتقال تکنولوژی پاک و تعمیم الگو به اقتصاد باز، یک الگوی رشد درنظر گرفته شده است. براساس این الگوی رشد، ضمن تعیین مسیر رشد وضعیت پایدار (SS) در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، مالیات بهینهٔ 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 ازنظر کنترل آلودگی به‌مثابه پیامدی جنبی و مهم و اثرگذار بر رفاه جامعه و نیز معرفی نوعی پایهٔ مالیاتی جدید حائز اهمیت است.

در کشورهای توسعه‌یافته، استفاده از ابزار و سیاست‌های کنترل آلودگی سابقه‌ای طولانی دارد؛[1] ولی بحث کنترل آلودگی در کشورهای در حال توسعه تقریباً جدید است. این درحالی است که آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی هزینهٔ زیادی بر اقتصاد این کشورها تحمیل می‌کند؛ برای مثال، براساس آمار بانک جهانی، در سال ۲۰۰۶، هزینهٔ ناشی از پرداخت خسارات آلودگی هوا، به‌عنوان بخشی از خسارت زیست‌محیطی صنایع آلاینده، در ایران ۸میلیارد دلار بوده است. البته بیشترین بار خسارت آلودگی هوا که هر ساله نیز در حال افزایش بوده، فقط بر دوش دولت است؛ ازاین‌رو، 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 اِعمال سیاست‌های کنترل آلودگی تلاش‌هایی انجام شده است؛[2] اما

---

۱. برای مثال مالیات‌های زیست‌محیطی در کشورهای OECD، به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. این مالیات‌ها در این کشورها، به‌طور میانگین، ۷درصد از درآمدهای مالیاتی و حدود ۳درصد 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 تبصرهٔ ۱۳ قانون برنامهٔ اول مقرر شد به‌منظور فراهم‌آوردن 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).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

ضرورت استفاده از ابزار مناسب کنترل آلودگی و ازجمله مالیات بر آلودگی، همچنان احساس می‌شود. بر این اساس، مقالهٔ حاضر تلاشی درجهت پرکردن خلأ موجود در این زمینه است.

در سال‌های اخیر، با افزایش اهمیت آلودگی زیست‌محیطی، تلاش‌های بین‌المللی در زمینهٔ کنترل آلودگی و بهبود کیفیت محیط‌زیست آغاز شده است. در این خصوص، می‌توان به طراحی سازوکار توسعهٔ پاک (CDM)[1] 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 ازطریق 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 مقالهٔ حاضر با دیگر مطالعات مشابه، درنظرگرفتن انتقال تکنولوژی پاک و تعمیم الگوی رشد AK به اقتصاد باز است. بنابراین ویژگی مهم الگوی بررسی‌شده، درنظرگرفتن 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 ازطریق کاهش میزان آلایندگی تولید، تأثیر مثبتی در رفاه جامعه بر جای بگذارد. علاوه‌براین، به‌منظور درنظرگرفتن تأثیرات زیست‌محیطی، از متغیر آلودگی به‌شکل متغیری جریانی[2] استفاده شده است. این درحالی است که بیشتر مطالعات، در حوزهٔ الگوسازی رشد-محیط‌زیست، از یکی از دو متغیر زیست‌محیطی، یعنی آلودگی و کیفیت محیط‌زیست، به‌شکل نوعی متغیر وضعیت یا انباشت[3] استفاده می‌کنند.[4]

همچنین در مطالعهٔ حاضر، مسئلهٔ بهینه‌سازی بین‌دوره‌ای به دو صورت تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی مدنظر قرار گرفته است؛ درحالی‌که با وجود پیامد جنبی آلودگی، تعادل حاصل از حل مسئلهٔ برنامه‌ریز اجتماعی، زیربهینه[5] خواهد بود. با درنظرگرفتن هم‌زمان دو تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و طراحی مناسب الگو، ازنظر تعداد متغیرهای کنترل و وضعیت، می‌توان مالیات بهینه را به‌عنوان 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 نظرگرفت. اگر از متغیر موجودی استفاده شود، لازم است در حل مسئلهٔ کنترل بهینه، همانند متغیر موجودی سرمایه به‌صورت معادله‌ای حرکتی درنظر گرفته شود. البته درحالتی‌که به‌صورت متغیر جریانی درنظر گرفته می‌شود، به این موضوع نیاز نیست. درعین‌حال، در حالت متغیر جریانی، حل تحلیلی الگو پیچیدگی کمتری دارد. در مطالعهٔ حاضر، به پیروی از روش Hartman and Khan (2005) و به‌منظور سادگی تحلیل، آلودگی به‌صورت متغیری جریانی درنظر گرفته شده است.

5. Sub-optimal

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

درونی‌کردن تأثیرات جنبی آلودگی استخراج کرد. درنهایت، در بُعد تجربی، بعضی شاخص‌های لازم برای اقتصاد ایران تخمین و محاسبه شده و الگو به‌صورت تجربی برای اقتصاد ایران حل شده است. علاوه‌براین، به‌منظور تجزیه‌وتحلیل نتایج و بررسی نحوهٔ اثرگذاری شاخص‌های مختلف در مالیات بهینه، از آزمون تحلیل حساسیت استفاده شده است. آزمون تحلیل حساسیت درمقایسه‌با شاخص‌های مختلف الگو می‌تواند زمینه‌ساز ارائهٔ پیشنهادهای سیاستی دربارهٔ طراحی صحیح سیاست‌های توسعهٔ پایدار و بهبود کیفیت محیط‌زیست و رفاه باشد.

در قسمت دوم مقاله، مطالعات پیشین در حوزهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل نتایج ارائه می‌شود. قسمت پایانی نیز به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲. پیشینهٔ مطالعاتی

اجرای سیاست‌های کنترل آلودگی، تا پیش از دههٔ 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، توسعهٔ روزافزونی یافته است. در این خصوص، یکی از پرسش‌های مهم، تأثیر نگرانی‌های زیست‌محیطی در رشد اقتصادی و نحوهٔ درونی‌کردن تأثیرات جنبی ناشی از آلودگی زیست‌محیطی است. درعین‌حال، 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)،[1] اشمولدرز (۱۹۹۵)،[2] آریگا (۲۰۰۲)،[3] سامپائولسی (۲۰۰۳)،[4] وندنر (۲۰۰۳)،[5] پائوترل (۲۰۰۷)،[6] فولرتن و کیم (۲۰۰۸)،[7] گوپتا و بارمن (۲۰۰۹)[8] و باستی و همکاران (۲۰۱۰)[1] سیاست مالیات بهینه را برای درونی‌کردن تأثیرات جنبی

1. Bovenberg and De mooij
2. Smulders
3. Ariga
4. Sampaolesi
5. Wendner
6. Pautrel
7. Fullerton and Kim
8. Gupta and Barman

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

ناشی از آلودگی معرفی می‌کنند. مطالعاتی مانند ادیت (۱۹۹۸)،[2] مهتدی (۱۹۹۶)،[3] آی هوری (۱۹۹۶)[4] و گریمود و ریچی (۲۰۰۳)[5] در کنار مالیات زیست‌محیطی، استفاده از سیاست اعطای یارانه را یکی از روش‌های کنترل آلودگی معرفی می‌کنند. درعین‌حال، بعضی مطالعات، مانند ایزمونت (۱۹۹۴)،[6] 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[7] 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 درواقع اثری تأخیری[8] در رشد دارد. بنابراین لازم است دولت درجهت واقعی‌شدن قیمت‌ها و تخصیص کارآتر منابع، برای درونی‌کردن هزینه‌های جنبی آلودگی تلاش کند. در این خصوص، دولت می‌تواند ازطریق اِعمال ترکیبی از مالیات‌های پیگوئی، مجوزهای مبادله‌پذیر برای انتشار آلودگی، اعطای یارانه، قانون‌گذاری مستقیم و سیاست‌های عمومی، درجهت کاهش و کنترل آلودگی اقدام کند.

بررسی‌ها بیانگر این است که تاکنون در کشور ما، هیچ‌گونه مطالعهٔ داخلی با رویکرد الگوی رشد در زمینهٔ سیاست بهینهٔ 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، ازجمله مالیات، می‌پردازد. ازجملهٔ این مطالعات می‌توان به گرجیان (۱۳۷۷)، صادقی و حیدری (۱۳۸۱)، امین رشتی (۱۳۸۴)، طیب‌نیا (۱۳۸۴)، وصفی‌اسفنستانی (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 فرآوردهای نفتی، اعطای یارانه برای نصب تجهیزات کنترل آلودگی، سیاست‌های تشویقی و تنبیهی و بهسازی تکنولوژی در اقتصاد ایران پرداخته شده است.

معرفی مالیات زیست‌محیطی به‌مثابه نوعی پایهٔ جدید مالیاتی درحالی است که براساس نتیجهٔ بسیاری از مطالعات تجربی داخلی دربارهٔ 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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

آسیب‌های زیست‌محیطی و ازجمله 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، ازطریق ابزارهای مناسب مانند مالیات بر آلودگی، است. بر این اساس، در مطالعهٔ پیشِ رو، با درنظرگرفتن چارچوب الگوی رشد AK و تعمیم آن به اقتصاد باز و درنظرگرفتن 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 بهینهٔ دخالت دولت ازطریق مالیات زیست‌محیطی چقدر است؟ با وجود انتقال تکنولوژی پاک، میزان دخالت بهینهٔ دولت ازطریق مالیات بر آلودگی چگونه تحت تأثیر قرار می‌گیرد؟

۳. با درنظرگرفتن 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 درنظرگرفتن چارچوب کلّی 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 کلّی 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. ازجملهٔ این مطالعات که بر پایهٔ آزمون تجربی فرضیهٔ منحنی کوزنتس زیست‌محیطی (EKC) بنا شده است، می‌توان به پژویان و مرادحاصل (۱۳۸۶)، بهبودی و برقی‌گلعذابی (۱۳۸۷)، صالح و همکاران (۱۳۸۸)، نصراللهی و غفاری (۱۳۸۸)، فطرس و همکاران (۱۳۸۹)، صادقی و فشاری (۱۳۸۹) و پژویان و لشکری‌زاده (۱۳۸۹) اشاره کرد.

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

بسیار ساده و درعین‌حال کاربردی بر پایهٔ سرمایه‌گذاری است.[۱] نقطهٔ شروع این الگوی رشد درون‌زا، به مطالعهٔ اولیهٔ رمزی (۱۹۲۸)[۲] باز می‌گردد. در این الگو، تفکیکی بین انواع سرمایه، یعنی فیزیکی و انسانی، صورت نمی‌گیرد و سرمایه در مفهوم عام آن درنظر گرفته می‌شود. همچنین، به‌دلیل وجود بعضی تأثیرات خارجی ناشی از انباشت سرمایهٔ انسانی، تمایل به بازدهی نزولی خنثی شده و بازدهی نزولی نسبت‌به مقیاس وجود ندارد.[۳] در ادامه، درجهت معرفی ساختار الگو، مجموعهٔ مفروضات و توابع مشخصی برای بخش‌های بخش‌های مختلف تولید، ترجیحات، آلودگی و نحوهٔ انتشار تکنولوژی پاک معرفی می‌شود.

۱.۳. مفروضات الگو

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

$$Y(t) = A\,K(t) \qquad (۱)$$

در رابطهٔ بالا، $A > 0$ معرف بهره‌وری کلّ عوامل تولید و K سرمایهٔ انسانی و فیزیکی و Y تولید است. در این چارچوب فرضیات زیر درنظر گرفته می‌شود:

ـ اقتصاد موضوع مطالعه، در مبادله با اقتصاد جهانی شروع به واردات و صادرات کالا می‌کند؛ بدین‌صورت که بخشی از کالاهای تولیدی خود را در داخل مصرف، بخشی را صادر و درمقابل از اقتصاد جهانی کالا وارد می‌کند.

ـ 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. علاوه‌براین، دولت به‌عنوان سیاست‌گذار و با هدف درونی‌کردن تأثیرات جنبی ناشی از انتشار آلودگی، مالیات بهینه را تعیین کرده و تولیدکننده درجهت حداکثرسازی سود خود شروع به تولید کالا می‌کند.

ـ در اقتصاد مدنظر، تولید کالا با آلودگی زیست‌محیطی همراه است. آلودگی، محصولی فرعی بوده که با تولید[۵] به‌صورت 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), Sampaloulesi (2003a , 2003b).

2. Ramsey

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

4. Infinite Horizon
5. By-product
6. Local

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

ـ انتقال تکنولوژی پاک ازطریق کاهش انتشار آلودگی همراه، با تولید و کاهش موجودی آلودگی تأثیری مثبت در رفاه افراد جامعه می‌گذارد.[۱]

ـ برای ساده‌ترشدن، فرض می‌شود تراز تجاری در موازنه بوده و امکان استقراض از خارج و قرض‌دادن کنار گذاشته شده است.

همچنین، به‌منظور ساده‌ترشدن و برای اینکه بتوان الگو را به‌صورت تحلیلی حل کرد، آلودگی به‌صورت متغیری جریانی[۲] درنظر گرفته شده است. ویژگی اساسی این الگو، درنظرگرفتن هم‌زمان پیامد جنبی آلودگی و انتشار تکنولوژی پاک است. ازسویی تولید کالا همراه با انتشار آلودگی است و از سوی دیگر، تکنولوژی پاک از اقتصاد جهانی به اقتصاد مدنظر انتقال می‌یابد. انتقال تکنولوژی پاک، ازطریق کاهش سطح و شدت انتشار آلودگی در هر واحد تولید، موجب کاهش آلودگی و افزایش رفاه می‌شود. سایر فرضیات الگو دربارهٔ بنگاه‌ها و خانوارها به‌صورت زیر است:

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

$$f(K) > 0, f'(K) > 0, f''(K) = 0 \qquad (۲)$$

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

$$X(t) = X(E(t)) = BE(t)^{\beta} \qquad (۳)$$

در این رابطه، $B > 0$ مقداری ثابت است. با جایگذاری تابع تولید در رابطهٔ فوق، ارتباط آلودگی و تولید و موجودی سرمایه، به‌صورت زیر به‌دست 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. ازآنجاکه هدف تحقیق، بررسی پویایی‌های نیروی کار نبوده است، به‌طور ضمنی، مقدار نیروی کار به عدد یک نرمال شده و ازاین‌رو، در تجزیه‌وتحلیل الگو درنظر گرفته نشده است.

4. Flow Variable

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

$$X(t) = X(Y(t)) = B(AK(t))^{\beta} = BA^{\beta}K(t)^{\beta} = X_0K(t)^{\beta} \tag{۴}$$

در رابطهٔ فوق، $BA^{\beta} = X_0$ فرض شده است. بنابراین جریان آلودگی، در هر لحظه از زمان، برابر $X_0K(t)^{\beta}$ است. مقدار ثابت $\beta > 0$ بیانگر کشش آلودگی نسبت‌به سرمایه و معرف میزان آلایندگی تولید (سرمایه) است. به‌منظور الگوسازی کاهش انتشار آلودگی ازطریق سرریز دانش و انتقال تکنولوژی پاک، در چارچوب سازوکار توسعهٔ پاک (CDM) عمل می‌کنیم. برای این منظور، مشابه روش کیلر و دیگران (۱۹۷۱)،[1] فرض می‌شود انتقال تکنولوژی پاک ازطریق شاخص برون‌زای ε موجب کاهش انتشار آلودگی می‌شود؛ بنابراین جریان آلودگی در هر لحظه از زمان به‌صورت زیر است:

$$X(t) = X_0\frac{K(t)^{\beta}}{K(t)^{\varepsilon}} = X_0K(t)^{\theta} \tag{۵}$$

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

در رابطهٔ فوق، فرض شده است سرریز دانش و انتقال تکنولوژی پاک، ازطریق تأثیر در آلایندگی موجودی سرمایه، موجب کاهش انتشار آلودگی هر واحد می‌شود. به‌بیان‌دیگر، کشش آلودگی نسبت‌به موجودی سرمایه (θ)، با درنظرگرفتن امکان سرریز دانش و تکنولوژی پاک کاهش می‌یابد. در این چارچوب، ازآنجاکه 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 گراینر (۲۰۰۷)،[2] از تابع مطلوبیت جدایی‌ناپذیر به‌صورت زیر استفاده می‌شود:[3]

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

$$\sigma > 0$$

1. Keller et al
2. Greiner

۳. در حالت کلّی، تابع مطلوبیت آنی مصرف‌کننده به یکی از دو صورت جدایی‌پذیر و جدایی‌ناپذیر درنظر گرفته می‌شود. اگر تابع به‌صورت جدایی‌ناپذیر درنظر گرفته شود، اثر یک واحد اضافی آلودگی در مطلوبیت نهایی مصرف منفی است $(U_{CX} < 0)$؛ اما اگر تابع مطلوبیت جدایی‌پذیر 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

تابع مطلوبیت فوق از ویژگی ریسک‌گریزی نسبی ثابت $(CRRA)$[1] برخوردار است. ازآنجاکه به‌منظور استخراج وضعیت پایدار بهینه با نرخی مثبت، ضروری است کشش مطلوبیت نهایی طی زمان ثابت باشد، از این نوع تابع مطلوبیت استفاده شده است (بارو و سالائی مارتین، ۲۰۰۴)[2]. در رابطهٔ فوق، شاخص ν معرف ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده نسبت‌به آلودگی محیط‌زیست و علامت منفی آن، معرف تأثیر منفی آلودگی در مطلوبیت است. انتظار می‌رود شاخص ν در تعیین مسیر بهینهٔ مصرف نقشی مهم داشته باشد. همچنین شاخص σ معرف معکوس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای مصرف‌کنندهٔ نمونه است.

به‌منظور تضمین راه‌حل درونی، فرض می‌شود تابع مطلوبیت آنی فوق نسبت‌به سبد کالای مصرفی مرکب (C) کاملاً افزایشی و مقعر و نسبت‌به آلودگی (X) کاملاً کاهنده و محدب و نسبت‌به هر دو عامل، مقعر است. به‌بیان‌دیگر، موقعیت $U_C > 0, U_{CC} < 0, U_X < 0, U_{XX} < 0, U_{CX} < 0$ برقرار است. همچنین موقعیت $U_{CX} < 0, U_{CC} < 0$ بیانگر این است که $\sigma > 0$ و شرط $U_{XX} < 0$ مبیّن این است که $\nu(\sigma - 1) > 1$.[3]

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)،[4] فرض می‌شود تابع (C) همگن از درجهٔ یک است. اگر ترجیحات همگن از درجهٔ یک درنظر گرفته شود، مطلوبیت حاصل از مصرف کالای داخلی و خارجی به‌صورت یکنواخت افزایش می‌یابد و هیچ‌گونه اریبی دربرابر گونهٔ خاصی از کالاهای داخلی و خارجی وجود ندارد. به‌طور مشخص، تابع زیر مطلوبیت[5] کالای مصرفی مرکب به‌صورت تابع کاب داگلاس $C(t) = C_1(t)^{(1-\phi)} C_2(t)^{\phi}$ درنظر گرفته می‌شود.[6] در رابطهٔ 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.

رابطهٔ فوق همچنین بیانگر این است که دو کالای داخلی و وارداتی، جانشین ناقص یکدیگردر مصرف هستند. اگرچه C به یک مصرف‌کنندهٔ نمونه متعلق است، چون در مسئلهٔ بهینه‌یابی مصرف، کلّ 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 محاسبهٔ مشتقات جزئی مرتبهٔ دوم تابع مطلوبیت نسبت‌به مصرف و آلودگی به‌سادگی 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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

$$\dot{K}(t) = Y(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t) = AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t) \qquad (۷)$$

براساس 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. تجزیه‌وتحلیل نظری الگو

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل نظری الگو ضروری است با استفاده از نظریهٔ کنترل بهینه و توابع تصریح‌شده در قسمت قبل، تصمیم‌گیری دربارهٔ مصرف و سرمایه‌گذاری بهینه از رفتار حداکثرسازی مطلوبیت بین‌دوره‌ای خانوار در چارچوب اقتصاد غیرمتمرکز در بنگاه‌های حداکثرکنندهٔ سود به‌دست آید. مسئلهٔ حداکثرسازی شامل دو راه‌حل دوره‌ای یا ایستا[1] و بین‌دوره‌ای[2] 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 بین‌دوره‌ای شامل انتخاب جریانی از مصرف است که ارزش فعلی مطلوبیت طول عمر مصرف‌کنندهٔ نمونه را حداکثر می‌سازد. راه‌حل بین‌دوره‌ای 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 درنظر نمی‌گیرد،[3] مسئلهٔ بهینه‌سازی به‌صورت زیر است:

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

$$st: \qquad (۸)$$

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

1. Temporal
2. Intertemporal

۳. این مسئله با درنظرگرفتن علامت ^ بر روی متغیر آلودگی (X) در تابع همیلتونین نشان داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

براساس مجموعهٔ وضعیت اولیه، مقادیر C(0),K(0) مثبت و مشخص است. تابع همیلتونین جاری[۱] مسئلهٔ فوق به‌صورت زیر است:

$$H = \frac{(C(t)\hat{X}(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + q(t)\left[AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)\right] \quad (۹)$$

همچنین شرط تراگردی[۲] به‌صورت زیر است.

$$\lim_{t\to\infty} q(t)K(t)e^{-\rho t} = 0 \quad (۱۰)$$

با توجه به مفروضات درنظر گرفته‌شده 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)، به‌ترتیب، متغیرهای کنترل[۳] و وضعیت[۴] است. متغیر q بیانگر قیمت سایهٔ[۵] سرمایه و معرف متغیر هم‌وضعیت[۶] است که براساس وضعیت بهینه به‌دست می‌آید. همچنین، متغیر X آلودگی، P_C شاخص قیمت کالای مرکب، A شاخص بهره‌وری کلّ عوامل تولید (سرمایه) است. شرایط مرتبهٔ اول مسئلهٔ بهینه‌سازی فوق به‌صورت زیر است:

$$\partial H / \partial C = C(t)^{-\sigma} X(t)^{-\nu(1-\sigma)} - q(t)P_C(t) = 0 \quad (۱۱)$$

(۱۲)

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

رابطهٔ ۱۱ بیانگر برابری مطلوبیت نهایی مصرف و قیمت سایهٔ سرمایهٔ تعدیل‌شده براساس شاخص قیمت کالای مرکب است. همچنین رابطهٔ ۱۲ بیانگر قاعدهٔ رمزی[۷] است. بر این اساس، قیمت سایهٔ سرمایه با نرخی

---

۱. در نظریهٔ کنترل بهینه (Optimal Control)، حل مسئلهٔ بهینه‌سازی به دو صورت استفاده از تابع هامیلتونین حال (Present Hamiltonian) و تابع هامیلتونین جاری (Current Hamiltonian) امکان‌پذیر است. این دو روش به‌مثابه دوگان مسئلهٔ بهینه‌سازی پویاست. با فرض اینکه λ قیمت سایهٔ سرمایه در مسئلهٔ هامیلتونین حال باشد، تابع هامیلتونی آن به‌صورت زیر است:

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

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

2.Transversality Condition
3.Control Variable
4. State Variable
5. Shadow Price
6. Co-state Variable
7. Ramsey 's rule

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

برابر مجموع نرخ‌های ترجیح زمانی مصرف و استهلاک منهای بهره‌وری کلّ عوامل تولید (سرمایه) افزایش می‌یابد. پس از حل و ساده‌سازی مجموعهٔ شرایط مرتبهٔ اول حاصل از بهینه‌سازی پویا، نرخ رشد مصرف مسیر وضعیت پایدار(SS) در تعادل بازار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:[1]

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma}\left[v(1-\sigma)\frac{\dot{X}(t)}{X(t)} + (A-\rho-\delta) - \frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)} \right] \tag{۱۳}$$

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 $\left(\frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)}\right)$ و نرخ رشد آلودگی $\left(\frac{\dot{X}(t)}{X(t)}\right)$ برحسب نرخ رشد مصرف به‌دست آید و در رابطهٔ فوق جایگزین شود. به‌منظور محاسبهٔ نرخ رشد آلودگی بر روی مسیر وضعیت پایدار از رابطهٔ ۵ استفاده می‌شود. بر روی مسیر وضعیت پایدار، تغییرات نرخ رشد آلودگی برابر صفر است. با درنظرگرفتن این نکته، از رابطهٔ ۵، لگاریتم و سپس دیفرانسیل گرفته می‌شود. بر این اساس، نرخ رشد آلودگی بر روی مسیر وضعیت پایدار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$(\beta-\varepsilon)\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = \frac{\dot{X}(t)}{X(t)} \Rightarrow (\beta-\varepsilon)g_K = g_X \tag{۱۴}$$

در رابطهٔ بالا، g_X, g_K به‌ترتیب 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 آلایندگی تولید (β)، آلودگی کاهش (افزایش) می‌یابد.

به‌منظور محاسبهٔ نرخ رشد شاخص قیمت کالای مرکب (g_{P_C}) باید مسئلهٔ حداکثرسازی دوره‌ای مصرف‌کنندهٔ نمونه، یعنی حداکثرسازی تابع زیرمطلوبیت $U(C(t)) = C_1(t)^{1-\phi} C_2(t)^{\phi}$، نسبت‌به محدودیت بودجه $P_C(t)C(t) = C_1(t) + \pi(t)C_2(t)$ حل شود.[2] پس از حل و

---

۱. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. درعین‌حال، نزد نویسندگان موجود است و درصورت نیاز می‌توان آن‌ها را ارائه کرد.

۲. فرض نرمال‌کردن قیمت داخلی به یک در این رابطه اِعمال شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

ساده‌سازی، توابع تقاضای مصرف‌کنندهٔ نمونه برای دو کالای داخلی و خارجی یا وارداتی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.[۱]

$$C_1(t) = (1-\phi)P_C(t)C(t)$$
$$C_2(t) = \frac{\phi P_C(t)C(t)}{\pi(t)} \qquad (۱۵)$$

پس از جایگذاری توابع فوق در تابع زیرمطلوبیت مصرف‌کننده و ساده‌سازی، تابع شاخص قیمت به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$P_C(t) = \left(\frac{1}{\phi}\right)^{\phi}\left(\frac{1}{1-\phi}\right)^{(1-\phi)}(\pi(t))^{\phi} \qquad (۱۶)$$

در رابطهٔ فوق، $\frac{\partial P_C}{\partial \pi} > 0$ یعنی با افزایش رابطهٔ مبادله (π)، متناسب با سهم کالای وارداتی از کل مخارج مصرفی (ϕ)، شاخص قیمت مصرف افزایش می‌یابد. بنابراین، با فرض ثابت‌بودن سایر شرایط، هرقدر سهم کالای وارداتی در مصرف بیشتر باشد، با افزایش رابطهٔ مبادله، شاخص قیمت به میزان بیشتری افزایش خواهد یافت. درعین‌حال، با تغییر شاخص قیمت، برآیند تأثیرات جانشینی و درآمدی ناشی از آن تعیین‌کنندهٔ تغییرات مصرف در طول مسیر رشد وضعیت پایدار خواهد بود. اگر از طرفین رابطهٔ ۱۶ لگاریتم و دیفرانسیل گرفته شود، نرخ رشد شاخص قیمت به‌عنوان تابعی از نرخ رابطهٔ مبادله به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)} = \phi\frac{\dot{\pi}(t)}{\pi(t)} \Rightarrow g_{P_C} = \phi g_{\pi} \qquad (۱۷)$$

با جایگذاری روابط ۱۴و۱۷در رابطهٔ ۱۳، نرخ رشد مصرف به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma}\left[\nu(1-\sigma)(\beta-\varepsilon)g_K + (A-\delta-\rho) - \phi g_{\pi}\right] \qquad (۱۸)$$

حال لازم است نرخ رشد رابطهٔ مبادله برحسب نرخ رشد مصرف به‌دست آید. برای این منظور، از شرط تعادل تراز تجاری استفاده می‌شود. با فرض یکسان‌بودن ترجیحات تجاری مصرف‌کنندهٔ داخلی و خارجی و نیز برون‌زابودن نرخ رشد مصرف خارجی، نرخ رشد رابطهٔ مبادله به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:[۲]

---

۱. توابع تقاضای فوق با تشکیل تابع لاگرانژ و محاسبهٔ مشتقات جزئی مرتبهٔ اول آن به‌سادگی استخراج می‌شود.

۲. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. درعین‌حال، در نزد نویسندگان موجود است و در صورت نیاز ارائه خواهد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

$$g_{\pi} = \frac{\dot{\pi}(t)}{\pi(t)} = \frac{1}{(1-\phi-\phi^{*})}\left[\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi\right] \tag{۱۹}$$

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

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1}{\sigma}\left[(A-\delta-\rho) - v(1-\sigma)(\beta-\varepsilon)\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} - \frac{\phi}{(1-\phi-\phi^{*})}\left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi\right)\right] \tag{۲۰}$$

حال لازم است مقدار نرخ رشد موجودی سرمایه برحسب نرخ رشد مصرف، محاسبه و در رابطهٔ فوق جایگزین شود. با محاسبهٔ نرخ رشد موجودی سرمایه بر روی مسیر وضعیت پایدار، با استفاده از رابطهٔ ۵ و جایگذاری از روابط ۱۷و۱۹، نرخ رشد موجودی سرمایهٔ فیزیکی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} = \frac{\phi}{1-\phi-\overset{*}{\phi}}\left[\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \psi\right] + \frac{\dot{C}(t)}{C(t)} = \frac{1-\overset{*}{\phi}}{1-\phi-\overset{*}{\phi}}\frac{\dot{C}(t)}{C(t)} - \frac{\phi\psi}{1-\phi-\overset{*}{\phi}} \tag{۲۱}$$

درنهایت، با جایگذاری مقدار بالا در رابطهٔ ۲۰ و ساده‌سازی، نتیجهٔ زیر حاصل می‌شود:

$$\gamma_{E} = \left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)}\right)_{E} = \left[\frac{(A-\delta-\rho)(1-\phi-\phi^{*}) + \phi\psi\left[1+v(1-\sigma)(\beta-\varepsilon)\right]}{\sigma(1-\phi-\phi^{*}) + v(1-\sigma)(1-\phi^{*})(\beta-\varepsilon) + \phi}\right] \tag{۲۲}$$

رابطهٔ 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)

مسئلهٔ برنامه‌ریز اجتماعی این است: انتخاب مسیر بهینهٔ مصرف، با فرض درون‌زادرنظرگرفتن جریان آلودگی (X)؛ به‌طوری‌که ارزش فعلی مطلوبیت طول عمر مصرف‌کنندهٔ نمونه، در افقی نامحدود، حداکثر شود. بر این اساس، مسئلهٔ حداکثرسازی مدنظر به‌صورت زیر است:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

$$\max \int_0^{\infty} U(C(t), X(t)) e^{-\rho t} dt = \int_0^{\infty} \frac{(C(t).X(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt$$
$$st:$$
$$\dot{K}(t) = AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t) \quad (۲۳)$$

براساس مجموعهٔ شرایط اولیه، مقادیر C(0),K(0) مثبت و مشخص است. تابع همیلتونین جاری مسئلهٔ فوق به‌صورت زیر است:

$$H = \frac{(C(t).X(t)^{-\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + q(t)\left[AK(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t)\right] \quad (۲۴)$$

همچنین شرط تراگردی[1] به‌صورت زیر است:

$$\lim_{t\to\infty} q(t)K(t)e^{-\rho t} = 0 \quad (۲۵)$$

در مسئلهٔ فوق، تعریف متغیرها مانند مسئلهٔ تعادل بازار است. مجموعهٔ شرایط مرتبهٔ اول مسئلهٔ بهینه‌سازی برنامه‌ریز اجتماعی به‌صورت زیر است:

(۲۶)

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

(۲۷)

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

مشابه مسئلهٔ تعادل بازار، رابطهٔ ۲۶ بیانگر برابری مطلوبیت نهایی مصرف و قیمت سایهٔ سرمایهٔ تعدیل‌شده براساس شاخص قیمت سبد کالای مرکب است. براساس قاعدهٔ رمزی در رابطهٔ ۲۷، قیمت سایهٔ سرمایه با نرخی برابر مجموع نرخ‌های ترجیح زمانی مصرف و استهلاک منهای بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) به‌علاوهٔ تأثیر انباشت سرمایه در رفاه[2] افزایش می‌یابد. پس از حل مجموعهٔ شرایط مرتبهٔ اول و ساده‌سازی، نرخ رشد مصرف در تعادل بازار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:[3]

---

1. Transversality Condition

۲. این اثر که برابر $U_X.X_K = \nu X^{-\nu(1-\sigma)-1} C^{1-\sigma}.X_k$ است، بیانگر تفاوت قاعدهٔ رمزی در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی است. این تفاوت ناشی از درنظرگرفتن تأثیر آلودگی در تصمیم‌گیری برای مصرف در مسئلهٔ تعادل برنامه‌ریز اجتماعی درمقایسه‌با تعادل بازار است.

۳. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت خودداری شده است. درعین‌حال، در نزد نویسندگان موجود است و درصورت نیاز ارائه خواهد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

$$\left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)}\right)_S = \frac{1}{\sigma}\left[(A-\delta)(1-v(\beta-\varepsilon)) - \rho + v\sigma(\beta-\varepsilon)\frac{\dot{K}(t)}{K(t)} - \left(\frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)}\right)\right] \quad (۲۸)$$

حال به‌جای مقادیر $\left(\frac{\dot{P}_C(t)}{P_C(t)}\right)$ و $\left(\frac{\dot{K}(t)}{K(t)}\right)$ از روابط ۱۷ و ۲۱ جایگزین ساخته می‌شود. پس از ساده‌سازی نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\gamma_S = \left(\frac{\dot{C}(t)}{C(t)}\right)_S = \frac{[(A-\delta)(1-v(\beta-\varepsilon)) - \rho](1-\phi-\dot{\phi}) + \phi\psi\left[1-\sigma v(\beta-\varepsilon)\right]}{\sigma(1-\phi-\overset{*}{\phi}) - v\sigma(\beta-\varepsilon)(1-\dot{\phi}) + \phi} \quad (۲۹)$$

مقایسهٔ روابط ۲۲و۲۹ بیانگر تفاوتِ نرخ رشد بهینهٔ 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 بهینهٔ مالیات را برای انطباق نرخ رشد تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی تعیین کرد.

۳.۲.۳. سیاست زیست‌محیطی بهینه

ازآنجاکه با وجود پیامد جنبی آلودگی، تخصیص ناشی از سازوکار بازار بهینه نخواهد بود، ضروری است دولت با ابزار مناسب، در اصلاح وضعیت و درونی‌کردن تأثیرات پیامد جنبی آلودگی مداخله کند. در این خصوص، در چارچوب الگوی بررسی‌شده 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 درونی‌کردن تأثیرات منفی ناشی از آلودگی است، باید مقدار بهینهٔ مالیات را به‌دست آورد. طراحی سیاست مالیات درصورتی 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 تسویهٔ بازار، در رابطهٔ ۵، به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\dot{K}(t) = (1-\tau)Y(t) - P_C(t)C(t) - \delta K(t) \quad (۳۰)$$

حال، اگر مسئلهٔ انتخاب مسیر بهینهٔ مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار با درنظرگرفتن محدودیت بالا حل شود، نرخ رشد مصرف تعادل بازار، بعد از مالیات، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:[1]

---

۱. با پیگیری فرایند محاسبات قسمت (۳-۲-۱)، محاسبهٔ نتیجهٔ فوق به‌سادگی امکان‌پذیر است. برای مطالعهٔ بیشتر می‌توان به Mohtadi(1997), Xepapadeas (2005) مراجعه کرد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

$$\gamma_E(\tau) = \frac{((1-\tau)A - \delta - \rho)(1-\phi-\phi^*) + \phi\psi\left[1 + v(1-\sigma)(\beta-\varepsilon)\right]}{\sigma(1-\phi-\phi^*) + v(1-\sigma)(\beta-\varepsilon)(1-\phi^*) + \phi} \quad (۳۱)$$

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

$$\tau_0 = \frac{1}{A}\{[A - \delta - \rho + \frac{\phi\psi(1+v(\beta-\varepsilon)(1-\sigma))}{(1-\phi-\phi^*)}] - \frac{\Delta_1}{\Delta_2}[(A-\delta)(1-v(\beta-\varepsilon)) - \rho + \frac{\phi\psi(1-v\sigma(\beta-\varepsilon)}{(1-\phi-\phi^*)}\} \quad (۳۲)$$

در رابطهٔ فوق، مقادیر Δ_1, Δ_2 به‌صورت زیر تعریف می شود:

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

$$\Delta_2 = \sigma(1-\phi-\overset{*}{\phi}) - v\sigma(\beta-\varepsilon)(1-\overset{*}{\phi}) + \phi$$

رابطهٔ بیانگر این است که نرخ بهینهٔ مالیات، همانند نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، تحت‌تأثیر شاخص‌های بهره‌وری کلّ عوامل تولید (A)، کشش آلودگی نسبت‌به تولید (سرمایه) (β)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان (v)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، نرخ استهلاک سرمایه (δ)، شاخص انتشار تکنولوژی پاک (ε)، عکس کشش بین‌دوره‌ای مصرف (σ)، شاخص‌های تجاری (ϕ, ϕ^*) و نرخ رشد مصرف خارجی (ψ) است.

دراین‌میان، شاخص‌های کشش آلودگی نسبت‌به تولید و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و انتشار تکنولوژی پاک ازنظر سیاست‌گذاری و طراحی سیاست‌های توسعهٔ پایدار بیش از سایر شاخص‌ها حائز اهمیت است. کشش آلودگی نسبت‌به تولید که نشان‌دهندهٔ ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و اهمیت نسبی محیط‌زیست نزد آن‌هاست، تحت‌تأثیر 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 نشان‌دهندهٔ آگاهی زیست‌محیطی و اهمیت‌دادن نسبی کمتر به محیط‌زیست توسط تولیدکنندگان است. دولت می‌تواند ازطریق اعمال استانداردها و قوانین زیست‌محیطی شدیدتر در این شاخص تأثیر بگذارد. همچنین، شاخص ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان نشان‌دهندهٔ آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و میزان اهیمت محیط‌زیست نزد آن‌هاست.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

سطح آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان تحت‌تأثیر میزان آگاهی زیست‌محیطی آن‌ها، وضعیت اقتصادی و اجتماعی، سطح توسعه‌یافتگی و نیز سطح دانش عمومی دربارهٔ اهمیت محیط‌زیست است. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، مصرف‌کنندگان، در ارزیابی خود از محیط‌زیست، ارزش بیشتری برای آن قائل هستند. درنتیجه، یک واحد آلودگی بیشتر، آسیب زیست‌محیطی بیشتری برای آن‌ها به‌همراه دارد. ازاین‌رو، مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری به مشارکت برای بهبود کیفیت محیط‌زیست ازطریق پرداخت مالیات‌های بیشتر خواهند داشت. در این خصوص، دولت می‌تواند ازطریق اجرای برنامه‌های آموزشی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای حفاظت از محیط‌زیست، زمینهٔ مشارکت عمومی در حفظ محیط‌زیست و دستیابی به توسعهٔ پایدار را فراهم آورد.

شاخص انتقال تکنولوژی پاک نیز ازطریق کاهش انتشار آلودگی ناشی از تولید (سرمایه) در میزان آلایندگی تولید و کیفیت محیط‌زیست اثر می‌گذارد. با افزایش آن، مقدار انتشار آلودگی همراه با تولید کاهش یافته و درنتیجه، میزان دخالت بهینهٔ دولت ازطریق مالیات کاهش می‌یابد. دولت می‌تواند ازطریق تغییر تکنولوژی‌های کمتر آلاینده و درجهت تحقق سیاست‌های سازوکار توسعهٔ پاک، زمینهٔ بهبود کیفیت محیط‌زیست را فراهم آورد.

٤. تجزیه‌وتحلیل تجربی الگو برای اقتصاد ایران

به‌منظور حل تجربی الگو لازم است از مقادیر شاخص‌های اثرگذار در مقادیر نرخ‌های رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی و نرخ بهینهٔ مالیات مطلع بود. برای این منظور، می‌توان از تحقیقات گذشته یا تخمین الگوهای اقتصادسنجی مناسب استفاده کرد. پس‌ازآن می‌توان با ایجاد تغییر در مقادیر شاخص‌ها، به تحلیل حساسیت نتایج پرداخت. براساس روابط ۲۲ و ۲۹ و ۳۲، شاخص‌های لازم شامل بهره‌وری کل عوامل تولید (A)، کشش آلودگی نسبت‌به سرمایه (β)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده (ν)، نرخ استهلاک سرمایه (δ)، انتشار تکنولوژی پاک (ε)، عکس کشش بین‌دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، سهم کالای وارداتی در سبد مصرف‌کنندهٔ داخلی (ϕ)، سهم کالای صادراتی در سبد مصرف‌کنندهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل حساسیت را نشان می‌دهد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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

جدول ۱. مقادیر اولیهٔ شاخص‌های استفاده‌شده برای حل الگو

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

منبع: گردآوری و محاسبات تحقیق

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

۲. متوسط بهره‌وری کل عوامل تولید (سرمایه) براساس 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. به‌منظور برآورد شاخص انتقال تکنولوژی پاک سیستم معادلات زیر تصریح و به روش حداقل مربعات سه‌مرحله‌ای 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 سرمایهٔ فیزیکی، H موجودی سرمایهٔ انسانی، Z شدت انتشار آلودگی و OP شاخص بازبودن اقتصاد است. شاخص بازبودن اقتصاد به‌منظور نشان‌دادن تأثیر تجارت در کیفیت محیط زیست (شدت انتشار آلودگی) درنظر گرفته شده است. در این رابطه، به پیروی از Grubb (2000) ضریب β_3 شاخص انتقال تکنولوژی پاک درنظر گرفته شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

کمتربودن مقدار نرخ رشد در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی درمقایسه‌با تعادل بازار، ناشی از وجود پیامد جنبی آلودگی است که در تعادل بازار درنظر گرفته نمی‌شود. مقادیر نرخ‌های رشد مصرف برپایهٔ مقادیر شاخص‌های الگو در جدول زیر آمده است.

جدول ۲. مقادیر اولیهٔ 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	۰/۱۰۷٦	۰/۰۸۲۹	۰/۱٥٤

منبع: محاسبات تحقیق[1]

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

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

تغییرات در	مقادیر تعادل رقابتی		مقادیر تعادل برنامه‌ریز اجتماعی		نرخ مالیات
نرخ رشد متغیر	$(\frac{\dot{C}}{C})_E$	$(\frac{\dot{\pi}}{\pi})_E$	$(\frac{\dot{C}}{C})_S$	$(\frac{\dot{\pi}}{\pi})_S$	τ_0
$\Delta\sigma$	−۰/۰۰۴۸۷	−۰/۰۰۹۵۸	−۰/۰۰۷۳۰	−۰/۰۰۸۲۱	۰/۰۰۴۸۷
$\Delta\beta$	۰/۰۰۲۱۸	۰/۰۰۲۴۵	−۰/۰۰۱۳۵	−۰/۰۰۱۵۲	۰/۰۱۸۴
$\Delta\rho$	−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	−۰/۰۰۰۰۰۵
$\Delta\psi$	۰/۰۰۰۰۹۶۱	−۰/۰۰۴۰۴۹	۰/۰۰۰۰۶۶۹	−۰/۰۰۴۰۸۲	۰/۰۰۰۱۸۱
Δv	۰/۰۰۱۹۲	۰/۰۰۲۱۶	−۰/۰۰۱۱۹	−۰/۰۰۱۳۴۴	۰/۰۱۶۳۳
$\Delta\varepsilon$	−۰/۰۰۰۲۴۶	−۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۱۵۰	۰/۰۰۰۱۶۹	−۰/۰۰۲۱۱
$\Delta\delta$	−۰/۰۱۵۱۵۴	۰/۰۷۷۶۶	−۰/۰۱۱۴۶	۰/۱۰۲۳۵	−۰/۰۰۱۳۴۲

منبع: محاسبات تحقیق

۱. محاسبات تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای Excel, Mathematica5, Eviews7 انجام شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

مقادیر جدول فوق نشان‌دهندهٔ تغییر نرخ رشد مصرف، رابطهٔ مبادلهٔ وضعیت پایدار (SS) در تعادل برنامه‌ریز اجتماعی، تعادل بازار و تغییرات نرخ بهینهٔ مالیات درنتیجهٔ افزایش ۱۰درصدی در شاخص‌های الگوست؛ برای مثال، علامت مثبت در ستون دوم و سطر ششم، درمقابل ΔA، بیانگر تأثیر مثبت افزایش ۱۰درصدی بهره‌وری کل عوامل تولید در نرخ رشد مصرف وضعیت پایدار (SS) تعادل بازار است.

تجزیه‌وتحلیل رفتار مالیات نشان‌دهندهٔ این نکته است که تغییر در مسیر مصرف تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی اثر چشمگیری در نرخ مالیات بهینه بر جای می‌گذارد. نتیجهٔ کلّی جدول فوق بیانگر این است که با افزایش شکاف بین نرخ رشد بهینهٔ تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی، میزان مالیات بهینه افزایش یافته و با کاهش آن، مقدار مالیات نیز کاهش می‌یابد. درعین‌حال، این نتیجه تحت‌تأثیر تأثیرات جانشینی و درآمدی ناشی از تغییر رابطهٔ مبادله و قیمت‌های نسبی است که درنتیجهٔ تغییر هریک از شاخص‌های الگو اتفاق می‌افتد. بر این اساس، اگر قیمت‌های آتی درمقایسه‌با قیمت‌های حال، کمتر (بیشتر) باشد، مصرف‌کنندگان مصرف حال خود را کاهش (افزایش) و پس‌انداز خود را افزایش (کاهش) می‌دهند (اثر جانشینی). درمقابل، 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 درنتیجه تولید و به‌دنبال آن انتشار آلودگی افزایش خواهد یافت. درنتیجه، ازنظر برنامه‌ریز اجتماعی، هرگونه تغییری که به افزایش انباشت سرمایه و افزایش انتشار آلودگی منجر شود، بیانگر لزوم افزایش دخالت دولت ازطریق افزیش نرخ‌های مالیات است. بر این اساس، نتایج تجزیه‌وتحلیل حساسیت بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار (SS) بیانگر نکات زیر است:

۱. مالیات زیست‌محیطی نسبت‌به شاخص‌های ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده (β) و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده (ν) بیشترین حساسیت را نشان می‌دهد. پس‌ازآن، به‌ترتیب معکوس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ ترجیح زمانی (ρ)، انتشار تکنولوژی پاک (ε)، بهره‌وری کلّ عوامل تولید (A) و نرخ استهلاک سرمایه (δ) بیشترین تأثیر را در مالیات می‌گذارد. درعین‌حال، مالیات زیست‌محیطی کمترین حساسیت را نسبت‌به شاخص‌های نرخ رشد خارجی (ψ) و شاخص‌های تجاری (ϕ, ϕ^*) دارد.

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

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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

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

درنهایت، به‌منظور بررسی تأثیرات ناشی از تعمیم الگو به اقتصاد باز در نرخ‌های رشد وضعیت پایدار و مالیات بهینه، الگو در اقتصاد بسته حل شده است.[1] بر این اساس، نرخ مالیات بهینه برابر ۱۷/۸۵درصد است. بیشتربودن 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 به‌ترتیب برابر ۰/۱۱۲۰ و ۰/۰۸۱۹ است. این نتیجه تحت‌تأثیر شاخص‌های اقتصاد باز، یعنی انتقال تکنولوژی پاک و نرخ رشد مصرف اقتصاد جهانی و شاخص‌های تجاری است.

دراین‌بین، شاخص انتشار تکنولوژی پاک، درمقایسه‌با 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 درنتیجه، نرخ مالیات بهینه کاهش می‌یابد. بر این اساس، می‌توان گفت شاخص انتقال تکنولوژی پاک، یکی از عوامل اثرگذار در نرخ بهینهٔ مالیات است که تأثیر چشمگیری در میزان انحراف تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی دارد و ازاین‌رو، نوعی دخالت دولت ازطریق مالیات است.

۵. جمع‌بندی و پیشنهادهای سیاستی

تا پیش از دههٔ هفتاد، پیامدهای جنبی زیست‌محیطی و آلودگی در الگوسازی رشد جایگاهی نداشته است. از این زمان به بعد، با شدت‌گرفتن مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی همراه با فرایند رشد اقتصادی، موج جدیدی از مطالعات نظری و تجربی در الگوی‌سازی 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، برابرِ صفر قرار می‌دهیم و مقادیر مدنظر را محاسبه کنیم.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

مطالعات مختلف با درنظرگرفتن چارچوب الگوهای رشد و واردکردن ملاحظات زیست‌محیطی در قالب یکی از دو متغیر آلودگی و کیفیت محیط‌زیست این الگوها را توسعهٔ نظری دادند. در این خصوص، یکی از نکات بسیار مهم، تعیین سیاست بهینهٔ کنترل آلودگی و کاهش تأثیرات منفی آن است.

مالیات‌های مستقیم بر آلودگی (مالیات پیگوئی)، مالیات‌های غیرمستقیم بر آلودگی، وضع قوانین و مقررات و تعیین استانداردهای زیست‌محیطی عمده‌ترین روش‌های کنترل آلودگی است. دراین‌میان، مالیات زیست‌محیطی بهینه ابزاری مناسب برای درونی‌کردن تأثیرات جنبی آلودگی و انطباق نرخ‌های رشد بازار و برنامه‌ریز اجتماعی است. تعیین مالیات زیست‌محیطی ازنظر کنترل آلودگی نوعی پیامد جنبی مهم و اثرگذار بر رفاه جامعه بوده و معرفی آن به‌مثابه نوعی پایهٔ مالیاتی جدید حائز اهمیت است.

با وجود کثرت مطالعات نظری و تجربی درخصوص تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینه، بیشترِ این مطالعات، در الگوسازی خود، از چارچوب اقتصاد بسته استفاده می‌کنند و انتقال تکنولوژی پاک را درنظر نمی‌گیرند. این درحالی است که تجارت بین‌الملل و استفاده از چارچوب اقتصاد باز می‌تواند راهی برای انتقال تکنولوژی پاک باشد. همچنین ازطریق کاهش انتشار آلودگی همراه با تولید، در رفاه جامعه تأثیر مثبتی بگذارد. اهمیت انتقال تکنولوژی پاک، در سال‌های اخیر، با طرح ایدهٔ سازوکار توسعهٔ پاک (CDM) در قالب پروتکل کیوتو 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 مطالعهٔ حاضر تعیین سیاست زیست‌محیطی بهینهٔ 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 به‌صورت نظری به اقتصاد باز تعمیم داده شده است. همچنین در این چارچوب، متغیر زیست‌محیطی آلودگی به‌صورت متغیری جریانی درنظر گرفته شده است. ویژگی اصلی اقتصاد موضوع مطالعه، ایجاد آلودگی در فرایند رشد اقتصادی و تأثیر منفی آن در رفاه جامعه است. درعین‌حال، انتقال تکنولوژی پاک ازطریق کاهش انتشار آلودگی تأثیر مثبتی در کیفیت محیط‌زیست و رفاه جامعه بر جای می‌گذارد.

به‌منظور تعیین میزان مالیات زیست‌محیطی با استفاده از نظریهٔ کنترل بهینه، مقادیر نرخ رشد مصرف در تعادل بازار و برنامه‌ریز اجتماعی بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) 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 در تعادل وضعیت پایدار (SS) و مالیات بهینه، تابع این شاخص‌هاست: ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کننده، ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکننده، بهره‌وری کلّ عوامل تولید، انتشار

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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

در مرحلهٔ بعد، با استفاده از شاخص‌های متناظر با اقتصاد ایران، الگوی مدنظر به‌صورت تجربی حل شده است. نتایج حل تجربی الگو بیانگر این است که نرخ بهینهٔ مالیات بر آلودگی، برابر ۱۵/۴درصد 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 تعمیم‌یافتهٔ استفاده‌شده، از فروض ساده‌سازی و محدودکننده استفاده شده است، نتایج حاصل از حلّ 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 ازطریق ابزار و روش‌های مناسب فرهنگی و آموزشی، آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را افزایش دهد. انتظار می‌رود با افزایش اهمیت محیط‌زیست نزد این گروه‌ها، زمینهٔ افزایش مشارکت آن‌ها در حفاظت از محیط‌زیست و دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار فراهم شود.

دولت می‌تواند ازطریق ابزار قانون‌گذاری، مانند استانداردهای زیست‌محیطی و تجهیزات کنترل آلودگی، در میزان اثرگذاری تولید (انباشت سرمایه) در محیط‌زیست اثر بگذارد. درعین‌حال، با توجه به اینکه اِعمال سیاست‌های زیست‌محیطی شدیدتر و اجبار تولیدکنندگان به کنترل آلودگی موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌شود، ضروری است نتیجهٔ تحلیل هزینهٔ فایدهٔ اِعمال این‌گونه سیاست‌ها مدنظر برنامه‌ریزان قرار گیرد. در این خصوص، به‌منظور کاهش هزینه‌های ناشی از اِعمال 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. علاوه‌براین، با توجه به تأثیر مثبت شاخص انتقال تکنولوژی پاک در رفاه و کاهش آلودگی می‌توان سیاست تجاری را درجهت 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 توسعهٔ پاک (CDM) در پروتکل کیوتو و حمایت از انتقال تکنولوژی پاک، به‌ویژه از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه، است. درنهایت،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

به‌منظور بهبود الگوسازی و دستیابی به نتایج واقعی‌تر، توصیه می‌شود با درنظرگرفتن آلودگی به‌صورت متغیری موجودی و درون‌زادرنظرگرفتن انتقال تکنولوژی پاک، دوباره الگو را حل کرده و به مقایسهٔ نتایج با الگوی مطالعهٔ حاضر پرداخته شود.

منابع و مآخذ

آمارنامهٔ گمرک جمهوری اسلامی ایران، سال‌های مختلف.

امین‌رشتی، نارسیس، ۱۳۸۴، *مالیات‌های سبز با تأکید بر مصرف بنزین*، پایان‌نامهٔ دکتری اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

امینی، علیرضا و نشاط حاجی‌محمد، ۱۳۸۴، *برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دورهٔ زمانی ۱۳۳۸تا۱۳۸۱*، مجلهٔ *برنامه و بودجه*، ش ۹۰، ص۵۳تا۸۶.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، معاونت اقتصادی، ادارهٔ حساب‌های اقتصادی، *گزارش بهره‌وری اقتصادی ایران*، ۱۳۷۶تا۱۳۸۶.

بهبودی، داود و اسماعیل برقی‌گلعذابی، ۱۳۸۷، «اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران»، فصل‌نامهٔ *اقتصاد مقداری*، دورهٔ ۵، ش۴، ص۳۵تا۵۳.

پژویان، جمشید، ۱۳۸۵، «منابع گسترش پایه‌های مالیاتی در اقتصاد ایران»، *مجموعهٔ مقالات اقتصاد ایران در گام نهم با تأکید بر اقشار کم‌درآمد و مناطق محروم*، وزارت امور اقتصاد و دارایی.

پژویان، جمشید، ۱۳۸۶، «مالیات سبز، پایه‌ای جدید در نظام مالیاتی ایران و آثار آن بر اقشار مختلف»، *مجموعهٔ مقالات اولین همایش سیاست مالی و مالیاتی*، سازمان امور مالیاتی کشور.

پژویان و مراد حاصل، ۱۳۸۶، «بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی*، ش۴، س۷، ص۱۴۱تا۱۶۰.

پژویان، جمشید و مریم لشکری‌زاده، ۱۳۸۹، «بررسی عوامل اثرگذار بر رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ش۴۲، س۴، ص۱۶۹تا۱۸۸.

درویشی، باقر، ۱۳۸۷، «محاسبهٔ مالیات بر فرآوردهای نفتی براساس هزینهٔ اجتماعی گازهای آلاینده»، سازمان امور مالیاتی کشور، دفتر مطالعات و تحقیقات مالیاتی.

صادقی و فشاری، ۱۳۸۹، «برآورد رابطهٔ بلندمدت بین صادرات و شاخص‌های کیفیت زیست‌محیطی، مطالعهٔ موردی ایران (۱۳۵۰ـ۱۳۸۶)»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ش۴۴، س۱۵، ص۶۷تا۸۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

صادقی، حسین و علی‌عباس حیدری، ۱۳۸۱، «کاربرد مالیات و یارانه‌ها در کاهش آلودگی صنایع تهران»، مجلهٔ *پژوهش‌های اقتصادی*، ش ۲ (۴)، ص ۱۵۵تا۱۸۹.

صالح و همکاران، ۱۳۸۸، «بررسی رابطهٔ علیت بین تولید ناخالص داخلی و حجم گازهای گلخانه‌ای در ایران: مطالعهٔ موردی گاز دی‌اکسید کربن»، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ش ۶۶، س ۱۷، ص ۱۹تا۴۱.

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 ریبلو*، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

فطرس و همکاران، ۱۳۸۹، «مطالعهٔ رابطهٔ آلودگی هوا و رشد اقتصادی کشورهای صادرکننده نفت»، فصل‌نامهٔ *پژوهش‌های رشد و توسعهٔ اقتصادی*، ش ۱، س ۱، ص ۵۹تا۷۷.

کیارسی، مهراب، ۱۳۸۶، *نرخ بهینهٔ مالیات و مخارج دولتی در چارچوب الگوی سه‌بخشی رشد درون‌زا، الگوی ایران*، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

گرجیان، مرتضی، ۱۳۷۷، *سیاست مالی برای کنترل آلوگی محیط‌زیست*، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه تهران.

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

نصراللهی، زهرا و مرضیه غفاری گولک، ۱۳۸۸، *توسعهٔ اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست در کشورهای عضو پیمان کیوتو و کشورهای آسیای جنوب‌غربی (با تأکید بر منحنی زیست‌محیطی کوزنتس)*، پژوهش‌نامهٔ *علوم اقتصادی*، ش ۳۵، س ۹، ص ۱۰۵تا۱۲۶.

وصفی‌اسفستانی، شهرام، ۱۳۸۵، *بررسی کمی پیوند بین فعالیت‌های اقتصادی، محیط‌زیست و انرژی در قالب الگوی داده ستانده بسط یافته با تأکید بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران*، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد توسعهٔ اقتصادی و برنامه‌ریزی، دانشکدهٔ اقتصاد دانشگاه علامه‌طباطبایی.

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 Collge 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).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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

Basseti ,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*: (Onlinle). <http://ssrn.com/abstract=1024742>

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]

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 Idicators, 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22286454.1391.2.7.5.2]