فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
سال سوم، شماره‌ی ۱۰، تابستان ۱۳۹۳
صفحات: ۳۳- ۵۸

بررسی ارتباط رشد-آلودگی در چارچوب یک الگوی رشد درونزای تعمیم‌یافته: یک الگوی کالیبره شده برای اقتصاد ایران

جواد هراتی[1*]
کریم اسلاملوئیان[2]
غلامعلی شرزه‌ای[3]
تکتم امینی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۳

چکیده

هدف اصلی مقاله حاضر کالیبره‌کردن یک الگوی رشد درون‌زای تعمیم‌یافته برای اقتصاد ایران می‌باشد. در بعد نظری یک الگوی رشد تعمیم‌یافته، با در نظر گرفتن فرض انتقال تکنولوژی پاک، به اقتصاد باز توسعه داده شده‌است. با استفاده از نظریه کنترل بهینه، الگو به‌صورت تحلیلی حل و مجموعه شرایط لازم برای قرار گرفتن اقتصاد بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار استخراج شده‌است. بر این اساس شرط پایداری توسعه آن است که همراه با رشد اقتصادی، آلودگی افزایش پیدا نکند. به‌منظور آزمون تجربی الگو با استفاده از داده‌ها و مقادیر پارامترهای متناظر با اقتصاد ایران، الگو کالیبره شده‌است. تأثیر پارامترهای ضریب ریسک‌گریزی نسبی، ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و انتشار تکنولوژی پاک بر نرخ رشد متغیرهای کلیدی الگو بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌است. نتایج بیانگر آن است که ارتباط بین رشد اقتصادی و آلودگی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار، و از این رو وضعیت توسعه پایدار، بسته به ضریب ریسک گریزی نسبی، می‌تواند متفاوت باشد. به‌طوری‌که برای مقادیر کوچک ضریب ریسک‌گریزی نسبی (کوچک‌تر از یک)، همراه با رشد اقتصادی انتشارآلودگی افزایش می‌یابد و برای مقادیر بزرگتر از یک، همراه با افزایش تولید، آلودگی کاهش پیدا می‌کند. همچنین، تجزیه و تحلیل حساسیت بیانگر آن است که ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان به‌ترتیب بیشترین تأثیر مثبت و منفی را بر موجودی آلودگی دارند. افزون براین پارامتر انتشار تکنولوژی پاک دارای تأثیر منفی برآلودگی و شدت انتشار آلودگی می‌باشد. این نتایج از نقطه‌نظر سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای دست‌یابی به توسعه پایدار حائز اهمیت است.

کلید واژه‌ها: رشد، آلودگی، ترجیحات زیست‌محیطی، انتشار تکنولوژی پاک، کالیبره‌کردن، ایران

طبقه‌بندی JEL: F18، C36، O44، Q53، R11

۱. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه بجنورد(*نویسنده مسئول) **Email:** j.herati@ub.ac.ir
۲. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه شیراز **Email:** keslamlo@rose.shirazu.ac.ir
۳. دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران **Email:** ghsharzei@yahoo.com
۴. عضو هیأت علمی دانشگاه بجنورد **Email:** t.amini@ub.ac.ir

۱. مقدمه

اگرچه رشد و توسعه اقتصادی از طریق افزایش مصرف، سطح رفاه بالاتری را برای جامعه به‌همراه دارد ولی آسیب‌های زیست‌محیطی همراه با فرایند رشد اقتصادی، تأثیر منفی بر رفاه جامعه بر جای می‌گذارد. از این رو میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگر آلاینده‌های همراه فرآیند تولید به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های اقتصاددانان، و بالاخص طرفداران محیط‌زیست و توسعه پایدار، تبدیل شده است. اعتقاد بر این است که بسیاری از آثار و پیامدهای جنبی زیست‌محیطی در جریان پیگیری فرایند رشد اقتصادی بالاتر کشورها اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که با افزایش حجم فعالیت‌های اقتصادی اثرات و پیامدهای جنبی منفی ناشی از آلودگی زیست‌محیطی افزایش پیدا می‌کند (آدو، ۲۰۱۰)[1].

ایـجاد آسیب‌های زیست‌محیطی همراه با رشد اقتصاد باعث بروز یک جایگزینی بین منافع حاصل از رشد و حفاظت از محیط زیست گردیده و این اعتقاد که افزایش تولید موجب حداکثر رفاه می‌گردد را مورد تردید قرار داده است. افزایش آسیب‌های زیست‌محیطی همراه با توسعه فعالیت‌های اقتصادی در حالی اتفاق می‌افتد که محیط‌زیست تمامی کالاهای مادی و خدمات ضروری را برای ادامه حیات بشر فراهم می‌کند و بدون حمایت سیستم‌های زیست‌محیطی، ادامه فعالیت‌های بشر مختل می‌گردد[2]. وجود جایگزینی بین منافع حاصل از رشد اقتصادی بالاتر و حفاظت از محیط‌زیست بیانگر لزوم توجه بیشتر به آسیب‌های زیست‌محیطی حاصل از تولید در طراحی سیاست‌های رشد و توسعه پایدار می‌باشد. این مسأله برای کشورهای که به‌طور تخصصی اقدام به تولید و صادرات کالاهای آلاینده می‌کنند و توسعه و رشد بیشتر آنها همراه با آسیب‌های زیست‌محیطی بیشتر می‌باشد، از اهمیت بیشتری برخوردار است، چرا که افزایش رفاه ناشی از تجارت تا حدودی در نتیجه افزایش آسیب‌های زیست‌محیطی و آلودگی کاهش پیدا می‌کند (سامپائولسی، ۲۰۰۳)[3].

هرچند آلودگی و پیامدهای جنبی ناشی از آسیب‌های زیست‌محیطی دارای اثر منفی بر رفاه می‌باشد، اما تجارت بین‌الملل می‌تواند از کانال‌های مختلف و از طریق اثرات مقیاس، تکنیک و ساختار و نیز اثرات جانشینی و درآمدی بر میزان انتشار آلودگی و کیفیت محیط‌زیست و به‌دنبال آن رفاه کشورها تأثیر بگذارد (جین و رینچنگ، ۲۰۰۷)[4]. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و باز بودن اقتصاد از جمله مهم‌ترین کانال‌های تجاری است که از طریق انتقال فناوری پاک می‌تواند بر انتشار آلودگی و کیفیت محیط‌زیست اثر بگذارد[5]. سـرریز دانش و انتقال فناوری پاک بین کشورهای مختلف از کانال تجارت می‌تواند از طریق کاهش سطح انتشار آلاینده‌ها در هـر واحد تولید و کاهش هزینه‌های

1. Adu
2. Perman *et al*
3. Sampaolesi
4. Jian and Rencheng
5. Dinda

بازیافت پسماندها، تأثیر مثبتی بر کیفیت محیط زیست و رفـاه داشـته باشد. فناوری‌های جدید و پـاک‌تر این امکان را ایجاد می‌کند تـا شدت آلودگی صنایع کاهش یافته، از این‌رو میزان آلودگی به ازای یک واحد تولید، کاهش پیدا کند(سیراکایا و همکاران، ۲۰۰۹).[1]

علاوه براین انتقال فناوری پاک به‌عنوان مهم‌ترین ابزار شکست ارتباط جایگزینی بین اهداف رشد اقتصادی بالاتر و حفاظت از محیط‌زیست در مرکز توجه تحلیل‌های جاری در خصوص ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست قرار گرفته‌است. به طوری‌که همراه با طرح ایده پایداری فضائی[2]، تلاش‌های منطقه‌ای و بین‌المللی در جهت کاهش انتشار آلودگی از طریق تسهیل انتقال فناوری پاک انجام گرفته‌است. از جمله این تلاش‌ها که در نتیجه پروتکل کیوتو حاصل شده‌است، مکانیسم توسعه پاک (CDM)[3] می‌باشد، که در آن انتقال فناوری پاک (به‌ویژه) از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه به عنوان یکی از راهکارهای بهبود کیفیت محیط‌زیست و کاهش آلودگی مورد توجه قرار گرفته است. به اعتقاد گولدمبرگ(۱۹۹۸)[4] قسمت عمده تحقیق و توسعه $(R\ \&\ D)$ در تکنولوژی‌های جدید در کشورهای پیشرفته صنعتی اتفاق می‌افتد و انتقال تکنولوژی از این کشورها به کشورهای در حال توسعه یک شرط لازم برای بهبود شرایط زیست‌محیطی در کشورهای درحال توسعه می‌باشد.

بر این اساس در مقاله حاضر، با تأکید بر تأثیر انتشار تکنولوژی پاک بر شدت انتشار آلودگی (ناشی از فرآیند تولید)، ضمن بررسی وضعیت توسعه پایدار به بررسی ارتباط بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در اقتصاد ایران پرداخته می‌شود. در این چارچوب، در بعد نظـری یک الگوی رشد تعمیم‌یافته، با در نظر گرفتن فرض انتقال تکنولوژی پاک، به اقتصاد باز توسعه داده‌می‌شود. سپس با بهره‌گیری از نظریه کنترل بهینه[5]، الگو به‌صورت تحلیلی حل و شرایط لازم برای پایداری توسعه اقتصادی در وضعیت پایدار (SS)[6] استخراج می‌گردد. در نهایت به‌منظور آزمون تجربی وضعیت پایداری توسعه و بررسی تأثیر پارامترهای مختلف بر مسیر رشد پایدار، الگو کالیبره می‌گردد.

در این چارچوب مهم‌ترین سوالاتی که مورد بررسی قرار می‌گیرد به‌صورت زیر است.

۱- از بعد نظری شرط لازم برای پایداری توسعه چه می‌باشد؟ تحت چه شرایطی رشد اقتصادی پایدار است؟

۲- آیا رشد فعلی اقتصادی ایران بر مسیر بلندمدت خود بیانگر وضعیت توسعه پایدار است؟

---

1. Sirakaya *et al*
2. Spatial Sustianability
3. Clean Development Mechanism
4. Goldemberg
5. Optimal Control
6. Steady State

۳- تأثیر پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و انتشار تکنولوژی پاک بر نرخ‌های رشد مسیر وضعیت پایدار اقتصاد چگونه است؟

۴- نحوه‌ی تغییر نرخ رشد تولید و آلودگی همراه با پارامتر ضریب ریسک‌گریزی نسبی (عکس کشش بین دوره‌ای مصرف‌کنندگان) چگونه می‌باشد؟

شناسایی تأثیر پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و پارامتر انتقال فناوری پاک بر میزان انتشار آلودگی و رفاه می‌تواند به‌عنوان یک نکته مهم در طراحی سیاست‌های مختلف تجاری، رشد و زیست‌محیطی و بالاخص پی‌گیری فرآیند توسعه پایدار مورد توجه سیاست‌گزاران قرار گیرد. براین اساس قسمت‌های مختلف مقاله به شرح زیر می‌باشد. در قسمت دوم ادبیات الگوسازی رشد و محیط زیست و برخی مطالعات انجام شده در این زمینه را مرور خواهیم نمود. در بخش سوم مبانی نظری و ساختار الگوی رشد مورد استفاده، ارائه می‌گردد. در بخش چهارم نتایج حاصل از کالیبره‌کردن الگو ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در نهایت در آخـرین قسمت مقاله (بخش پنجم) بـه نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات پرداخته می‌شود.

۲. الگوسازی ارتباط رشد و محیط زیست: مروری بر مطالعات

الگوسازی رشد با هدف بررسی ارتباط رشد و محیط‌زیست از دهه‌ی ۷۰ با طرح ایده توسعه پایدار و افزایش اهمیت اهداف زیست‌محیطی، در کنار اهداف اقتصادی و اجتماعی، رونق گرفت. بر این اساس الگوهای نظری متعددی با در نظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، ضمن توسعه الگوهای رشد، چارچوب‌های نظری مختلفی از الگوسازی رشد و محیط زیست را ارائه نمودند[۱]. از جمله مطالعات اولیه این حوزه می‌توان به کیلر و همکاران (۱۹۷۱)[۲]، استروم (۱۹۷۳)[۳]، فورستر (۱۹۷۳)[۴] و گروور (۱۹۷۶)[۵] اشاره نمود. در یک تقسیم‌بندی کلی این الگوها را می‌توان به الگوهای رشد نئوکلاسیک (سولو، سولو و سوان و رمزی-گاس و کوپمانز)، الگوهای رشد درونزا (AK, R&D)، الگوهای رشد با وجود آلودگی به‌عنوان یک نهاده تولید و سایر الگوهای رشد مانند نسل‌های همپوشان (OLG)[۶] و تعادل عمومی چندکشوری تقسیم نمود.[۷]

---

۱. هراتی (۱۳۹۲)

2. Keeler *et al*
3. Strom
4. Forster
5. Gruver
6. Overlapping Generation
7. Panayotou

در این رابطه برای اولین بار بروک(۱۹۷۷)[۱] با واردکردن آلودگی در الگوی استاندارد رمزی، این الگو را توسعه و با استفاده از روش کنترل بهینه اقدام به حل آن نمود. بعد از آن افرادی مانند سلدون و سونگ (۱۹۹۵)[۲]، آنسواتگی و پرینگ (۱۹۹۹)[۳] ، آندرسون و لیوینسون (۲۰۰۱)[۴]، (ژیپاپیداس، ۲۰۰۵)[۵]، بارتز و کلی (۲۰۰۸)[۶] و ژانگ (۲۰۱۱)[۷] با استفاده از الگوی رشد رمزی و در نظرگرفتن متغیر زیست‌محیطی به توسعه این الگو پرداخته و بروک و تیلور (۲۰۱۰ و ۲۰۰۵)[۸] با وارد کردن آلودگی در الگوی رشد سولو، شکل تعمیم‌یافته‌ای از این الگو را با عنوان الگو رشد سبز سولو ارائه نمودند. موسو (۱۹۹۴)[۹]، مایکل و روتیلون (۱۹۹۵)[۱۰]، ژیپیپداس (۱۹۹۷)[۱۱]، بربتو و بیلبوتی (۲۰۰۵)[۱۲]، گراینر (۲۰۱۱)[۱۳] و مورتی و همکاران (۲۰۱۲)[۱۴] از جمله افرادی هستند که با استفاده از الگوهای رشد درونزا اقدام به توسعه الگوسازی رشد با درنظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی نمودند. همچنین افرادی مانند لوپز (۱۹۹۴)[۱۵] و استوکی (۱۹۹۸)[۱۶] از جمله اولین کسانی بودند که با واردکردن آلودگی به‌عنوان یک نهاده تولید اقدام به توسعه الگوی رشد AK نمودند. در نهایت جان و پی‌چینو (۱۹۹۴)[۱۷]، الباشا و روی (۱۹۹۶)[۱۸]، لایب (۲۰۰۴)[۱۹]، میچیدا و نیشیکیمی (۲۰۰۷)[۲۰]، لیه میچگو و پالوکانوگاس (۲۰۰۸)[۲۱] و پائو و تسائی (۲۰۱۰)[۲۲] از جمله مطالعاتی می‌باشند که با استفاده از الگوهای رشد نسل‌های همپوشان و چارچوب تعادل عمومی چند کشوری به توسعه الگوهای رشد با ملاحظات زیست‌محیطی پرداختند.

بـا توجه به نبود مطالعه داخلی بـا رویکرد الگوی‌های رشد و کالیبره‌کردن، در این مطالعه ابتدا مبانی نظری رشد و محیط‌زیست با استفاده از الگوی رشد تعمیم‌یافته استوکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این چارچوب الگوی رشد موردنظر با در نظر گرفتن امکان اثرگذاری تجارت بر کیفیت

1. Brock
2. Seldon and Song
3. Ansuategi and Perrings
4. Anderson and Levinson
5. Xepapadeas
6. Bartez and Kelly
7. Zhang
8. Brock and Talyor
9. Musu
10. Michel and Rotillon
11. Xepapadeas
12. Brito and Belbute
13. Greiner
14. Murty *et al*
15. Lopez
16. Stocky
17. John and Pecchichino
18. Elbasha and Roe
19. Lieb
20. Michida and Nishikimi
21. Lehmijoki and Palokanagas
22. Pao and Tsai

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

محیط‌زیست توسعه داده شده و به‌دنبال آن ارتباط رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست به‌صورت نظری مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد با استفاده از نظریه کنترل بهینه، شـرایط لازم برای قرار گرفتن اقتصاد بـر روی مسیر رشد پایدار بلندمدت و بـرقراری توسعه پایدار استخراج می‌گردد. حـل تحلیلی الگوی رشد از یـک سو، امکان استخراج شرایط لازم بـرای پایداری توسعه را از بعد نظری فراهم می‌آورد، از سوی دیگر امکان کالیبره‌کردن الگو را فراهم می‌آورد. به‌منظور آزمون تجربی الگو با بکارگیری داده‌ها و مقادیر پارامترهای متناظر با اقتصاد ایران، الگو کالیبره گردیده است.

بـر این اساس نـوآوری مقاله حاضر در دو بعد نظری و تجربی بدین‌گونه می‌باشد. در بعد نظری الگوی رشد استوکی تعمیم‌یافته با اضافه نمودن انتقال تکنولوژی پاک به اقتصاد باز توسعه داده شده و امکان اثرگذاری تجارت بر شدت انتشار آلودگی و کیفیت محیط‌زیست از طریق پارامتر انتقال فناوری پاک به الگو افزوده و به‌صورت تحلیلی حل شده‌است. بر این اساس چارچوب نظری مورد استفاده، امکان بررسی همزمان تأثیر پیامد جنبی منفی آلودگی و انتقال تکنولوژی پاک بر نرخ‌های رشد متغیرهای کلیدی الگو را ایجاد می‌کند. در این رابطه به‌دلیل نبود بازاری برای انتقال تکنولوژی پاک، تأثیر این عامل بر انتشار آلودگی به‌صورت برون‌زا در نظر گرفته شده‌است. تأثیر پارامترهای ترجیحات (شعور) زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان و انتقال تکنولوژی پاک و ضریب ریسک‌گریزی نسبی بر مسیر رشد متغیرهای کلیدی، مورد بررسی قرار گرفته و در بعد تجربی الگو برای اقتصاد ایران کالیبره شده است. تحلیل حساسیت نسبت به تغییر پارامترهای اقتصادی، زیست‌محیطی و تجاری امکان ارائه توصیه‌های سیاست‌گذاری، بویژه برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، را ایجاد می‌کند.

۳. مبانی نظری و ساختار الگوی رشد

به‌منظور بررسی ارتباط رشد اقتصادی و آلودگی زیست‌محیطی، ابتدا ویژگی‌های بخش‌های مختلف اقتصاد در قالب الگوی رشد تعمیم‌یافته استوکی بیان می‌گردد. در این راستا مجموعه شرایط لازم برای قرار گرفتن اقتصاد بر روی مسیر رشد پایدار(SS)را از حل مسأله حداکثرسازی برنامه‌ریز اجتماعی استخراج می‌کنیم. همچنین به منظور محاسبه پویایی‌های رابطه مبادله و بررسی اثر آن بر متغیرهای کلیدی الگوی رشد، لازم است تا مسأله بهینه‌یابی دوره‌ای مصرف‌کننده نمونه حل و به کمک شرط تعادل تراز تجاری نحوه‌ی تغییرات رابطه مبادله تعیین گردد. محاسبه نرخ‌های رشد متغیرهای کلیدی الگو بر روی مسیر رشد پایدار و تعیین شرایط لازم برای پایداری توسعه امکان کالیبره‌کردن الگو را فراهم می‌آورد. بر این اساس در ایـن قسمت ارتباط نظری بین رشد و آلـودگی را در چارچوب الگوی رشد استوکی تعمیم‌یافته مورد بـررسی قرار می‌دهیم. ابتدا فرضیات الگوی پایه را ارائه نموده، سپس پویای‌های الگوی رشد و شرایط لازم برای قرار گرفتن اقتصاد بر روی مسیر رشـد پایدار بلندمدت و توسعه پایدار را استخراج می‌کنیم.

الگوی رشد مورد استفاده شکل تعمیم‌یافته‌ای از الگوی استوکی (۱۹۹۸)[۱] می‌باشد که سرمایه انسانی در کنار سرمایه فیزیکی در نظر گرفته شده‌است. برای اولین بار استوکی (۱۹۹۸) الگوی استاندارد AK را با وارد کردن متغیر شدت آلودگی، به‌عنوان یک نهاده تولید، توسعه داد. چارچوب الگوی رشد مورد استفاده در مطالعه حاضر شکل توسعه داده شده‌ای از الگوی استوکی می‌باشد که توسط افرادی مانند هارتمن و کاون (۲۰۰۵)[۲] و دنگ و هوانگ (۲۰۰۹)[۳] مورد استفاده قرار گرفته‌است. تفاوت اصلی این الگو در مقایسه با الگوی استوکی تفکیک موجودی سرمایه به دو نوع فیزیکی و انسانی می‌باشد[۴]. در این مطالعه شکل تعمیم‌یافته الگوی استوکی به اقتصاد باز توسعه داده شده و امکان اثرگذاری تجارت بر شدت انتشار آلودگی به آن اضافه شده است. از آن‌جا که رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست تا حدود زیادی تحت تأثیر رژیم‌های تجاری حاکم بر دنیا و جریانات تجاری می‌باشد، و با توجه به اثرات متفاوت کانال‌های مختلف تجارت بر آلودگی، تجارت می‌تواند ارتباط رشد- آلودگی را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طوری‌که با در نظر گرفتن فرض انتقال تکنولوژی پاک ممکن است نتایج الگوی‌های رشد که به بررسی ارتباط موردنظر می‌پردازند، تغییر نماید. در دنباله چارچوب کلی الگوی رشد مورد استفاده و ویژگی‌های بخش‌های مختلف آن ارائه می‌گردد. در این چارچوب واحدهای اقتصادی شامل مصرف‌کننده، تولیدکننده و دولت می‌باشد. هدف مصرف‌کننده حداکثرسازی ارزش فعلی مطلوبیت در یک افق زمانی نامحدود[۵] می‌باشد. تولید کالا موجب انتشار آلودگی زیست‌محیطی و در نتیجه کاهش رفاه جامعه می‌گردد. اما انتشار تکنولوژی پاک، از کانال باز بودن اقتصاد، می‌تواند از طریق کاهش شدت انتشار آلودگی موجب کاهش آلودگی زیست‌محیطی و در نتیجه افزایش رفاه گردد. ویژگی کلیدی الگو در نظر گرفتن همزمان پیامد جنبی آلودگی و سرریز دانش می‌باشد. از یک سو تولید کالا همراه با انتشار محلی آلودگی بوده و از این‌رو موجب کاهش رفاه جامعه می‌گردد. از سوی دیگر انتقال تکنولوژی پاک می‌تواند از طریق کاهش شدت انتشار آلودگی همراه با تولید و کاهش انباشت آلودگی تأثیری مثبتی بر رفاه افراد جامعه بگذارد. در این چارچوب مهم‌ترین فرضیات در رابطه با ترجیحات، تولید و محیط‌زیست به‌صورت زیر است.

1. Stokey
2. Hartman and Kown
3. Deng and Huang

۴. در الگوی اولیه استوکی، مشابه با الگوی AK استاندارد، سرمایه در مفهوم عام آن در نظر گرفته شده و سرمایه انسانی و فیزیکی تفکیک نشده است.

5. Infinite Horizon

۳-۱. فرضیات الگوی پایه

تولید و فناوری: تولید براساس تابع تولید کاب داگلاس تعمیم‌یافته انجام می‌گیرد. به‌طوری‌که تعداد زیادی تولیدکننده که تولید آن‌ها تابعی از سرمایه فیزیکی (K)، سرمایه انسانی (H) و شدت انتشار آلودگی (Z)است، وجود دارند.

$$Y(t) = AK(t)^{\alpha} H(t)^{\beta} z(t) \quad \text{و} \quad 0 < \alpha < 1 \qquad (۱)$$

در رابطه فوق $A > 0$ بیانگر بهره‌وری کل عوامل تولید و α, β به‌ترتیب کشش تولیدی عامل سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی می‌باشد. در عین حال $Z \in [0,1]$ به نوعی نشان‌دهنده‌ی شاخصی از میزان آلایندگی فناوری تولید می‌باشد، بـه‌طوری‌کـه مقادیر بالاتر آن بیانگر تـولید و در نتیجه آلودگی بیشتر است. در این چارچوب آلودگی به‌عنوان یک نهاده تولید در نظرگرفته شده است. بدین معنی که با افزایش آلودگی، میزان تولید افزایش پیدا می‌کند.

ترجیحات مصرف‌کننده: فرض می‌گردد تعداد زیادی مصرف‌کننده با طول عمر نامحدود وجود دارند.[۱] رفاه مصرف‌کننده تحت تأثیر مطلوبیت ناشی از مصرف سبد کالای مرکب (C) و عدم‌مطلوبیت ناشی از موجودی آلودگی (X) می‌باشد. بر این اساس فرض می‌گردد تابع مطلـــوبیت لحظه‌ای مصرف‌کننده به‌صورت یک تابع مطلوبیت جدایی‌پذیر جمع‌پذیر[۲] به‌صورت زیر است.

$$U(C(t), X(t)) = \frac{C(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \omega \frac{X(t)^{1+\nu} - 1}{1+\nu} \qquad (۲)$$

تابع مطلوبیت لحظه‌ای فوق نسبت به C فزاینده و نسبت به X کاهنده و نسبت به هر دوی آن‌ها مقعر می‌باشد. هزینه نهایی آلودگی برحسب مطلوبیت برابر ωX^{ν}، مطلوبیت نهایی مصرف برابر $C^{-\sigma}$ و نسبت آن‌ها برابر $\frac{\omega X^{\theta}}{C^{-\sigma}}$ می‌باشد. این نسبت بیانگر شیب منحنی بی‌تفاوتی و هزینه نهایی آلودگی برحسب مصرف می‌باشد. در این چارچوب مصرف‌کننده نمونه ارزش فعلی مطلوبیت طول عمر خود را به‌صورت زیر حداکثر می‌سازد.

$$MaxW = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C(t), X(t)) dt = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left(\frac{C(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \omega \frac{X(t)^{1+\nu} - 1}{1+\nu}\right) dt, \omega, \sigma, \nu > 0 \qquad (۳)$$

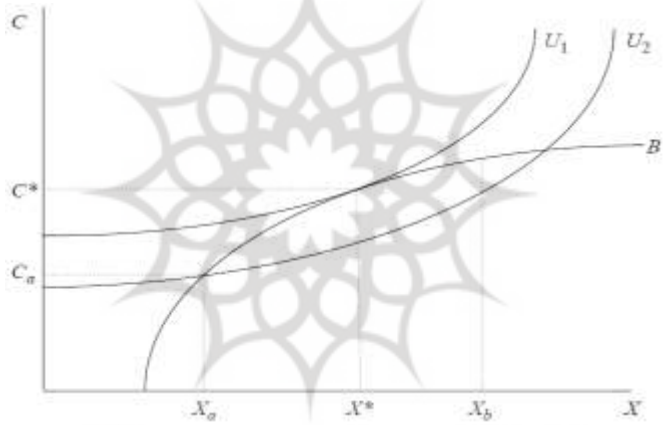
در رابطه فوق $\rho(\rho > 0)$ بیانگر نرخ ترجیحات زمانی می‌باشد. پارامتر $\nu > 0$ بیانگر وزن آلودگی در تابع مطلوبیت و معرف میزان آگاهی (شعور) زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و درجه انحنای[۳] منحنی

---

۱. برای سادگی جمعیت به یک نرمال شده و از این رو هیچ نرخ رشد جمعیتی وجود ندارد.

2. Additively Seprable
3. Curvature

بـی‌تفاوتی است. بدین‌معنی که هرچه مقدار آن بیشتر باشد، مصرف‌کنندگان (در تابع تقاضای خود) اهمیت بیشتری نسبت به محیط‌زیست قائل می‌باشند. انتظار بر آن است که هرچه درجه توسعه‌یافتگی و سطح درآمد جامعه بالاتر باشد، پارامتر مزبور بزرگ‌تر باشد[1]. $\sigma > 0$ بیانگر معکوس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای یا نرخ هموارسازی مصرف است[2]. مـقـدار این پارامتر تمـایـل مصرف‌کننده به جانشینی بین‌دوره‌ای اجزای تابع مطلوبیت را طی زمان نشان می‌دهد. بدین‌صورت که هر چه قدر مقدار σ بزرگتر باشد، کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف کوچک‌تر بوده و مصرف‌کننده تمایل کمتری به جانشینی مصرف، بین دوره‌های مختلف دارد. همچنین $\omega > 0$ بیانگر اهمیت نسبی آلودگی در تابع مطلوبیت (رفاه) مصرف‌کننده نمونه می‌باشد. انتظار برآن است که این پارامتر از نقش مهمی در تجزیه و تحلیل ارتباط رشد- آلودگی برخوردار باشد. نمـودار شماره (۱) بیانگـر نحـوی انتخاب بهینه مصرف‌کننده نمونه بین مصرف و آلودگی است.



نمودار شماره ۱: انتخاب بهینه مصرف و آلودگی

منبع: هارتمن و کاون (۲۰۰۵)

با فرض این‌که U_1, U_2 دو منحنی از مجموعه منحنی‌های بی‌تفاوتی مصرف‌کننده نمونه و B بیانگر محدودیت بودجه‌ای وی باشد، ترکیب (C^*, X^*) سبد بهینه مصرف‌کننده را نشان می‌دهد[3]. مطابق نمودار شماره (۱) با حرکت به سمت بالا، بر روی منحنی بـی‌تفاوتی، مصرف افزایش و

1. Dinda

۲. در ادبیات رشد به این پارامتر ضریب ریسک‌گریزی نسبی می‌گویند.

۳. این سطح بهینه مصرف، از محل مماس منحنی مطلوبیت مصرف‌کننده نمونه و منحنی محدودیت بودجه‌ای وی، به‌دست آمده است.

مصرف‌کننده مایل است مقدار بیشتری از مصرف را برای کاهش مقدار مشخصی از آلودگی از دست بدهد. به بیان دیگر، افراد فقیر تنها حاضرند مقدار کمتری از مصرف را برای کاهش مقدار مشخصی از آلودگی از دست بدهند، اما در مقابل، افراد ثروتمند حاضرند مقدار بزرگتری از مصرف را از دست بدهند.

با توجه به بازبودن اقتصاد، سبد مصرفی (C) به‌صورت مرکب و شامل دو کالای داخلی (C_1) و کالای وارداتی (C_2) می‌باشد. در این رابطه، برای سادگی و مشابه با روش سرون (۱۹۹۹)[1]، فرض می‌گردد تابع (C) همگن از درجه یک و از نوع کاب-داگلاس به صورت $C(t)=C_1(t)^{(1-\phi)}C_2(t)^{\phi}$ است. در این رابطه $0<\phi<1$ سهم کالای وارداتی در مخارج کل مصرفی و $(1-\phi)$ معرف سهم کالای داخلی(صادراتی) از مخارج کل و نشان‌دهنده ترجیحات تجاری مصرف‌کنندگان نسبت به کالای وارداتی و صادراتی است. در عین حال، با توجه به اینکه C بیانگر شاخص مصرف واقعی است، در این حالت تابع مخارج کل مصرف‌کننده به‌صورت $P_C C$ است، که در آن P_C (با ویژگی $P_C{}' > 0, P_C{}'' < 0$) بیانگر قیمت کالای مرکب است. این تابع نشان‌دهنده حداقل هزینه دسترسی به سبد کالای مصرفی مرکب می‌باشد. علاوه‌بر این شرط تسویه بازار که بیانگر پویای‌های موجودی سرمایه فیزیکی در هر لحظه از زمان است، به‌صورت زیر است.

$$\dot{K}(t) = A_K K(t) - P_C(t)C(t) \qquad (۴)$$

در رابطه بالا P_C معرف قیمت کالای مرکب(شاخص قیمت) است. برای سادگی قیمت کالای تولید داخل به یک نرمال شده است $(p_1 = 1)$، بنابراین تمامی قیمت‌ها، نسبی و برحسب قیمت کالای داخلی می‌باشند. رابطه فوق همچنین بیانگر آن است که کالای تولید داخل صرف سرمایه‌گذاری و نیز مصرف (کالای داخلی و خارجی) می‌گردد. در رابطه با موجودی سرمایه انسانی فرض می‌گردد بر اساس معادله حرکت زیر تکامل پیدا می‌کند. در این رابطه برای سادگی نرخ رشد سرمایه انسانی $(\mu > 0)$ برونزا در نظر گرفته شده‌است.

$$\dot{H}(t) = \mu H(t) \qquad (۵)$$

آلودگی و کیفیت محیط‌زیست: در رابطه با آلودگی فرض می‌گردد که انباشت آلودگی تحت تأثیر دو عامل می‌باشد. عامل اول که اثر مقیاس[2] نامیده می‌شود، بیانگر آن است که انتشار آلودگی تابع مستقیمی از سطح تولید $E(t) = E(Y(t))$ و به‌صورت یک محصول فرعی همراه با تولید در محیط انباشت پیدا می‌کند (گروسمن و کروگر، ۱۹۹۱)[3] . در عین حال به‌منظور واردنمودن تأثیر مثبت باز

1. Serven
2. Scale Effect
3. Grossman and Krueger

بودن اقتصاد بر کیفیت محیطزیست، فرض می‌گردد انتقال فناوری پـاک، از طـریق تجارت، موجب کاهش انتشار آلودگی می‌گردد. این اثر از طریق پارامتر برونزای $\varepsilon < 0$ که موجب کاهش شدت انتشار آلودگی می‌گردد، به الگوی استوکی افزوده شده‌است. عامل دوم که به آن پاک‌سازی آلودگی توسط محیط زیست می‌گویند، بیانگر بخشی از آلودگی است که به‌طور طبیعی توسط محیطزیست جذب می‌گردد. براین اساس معادله انباشت موجودی آلودگی به‌صورت زیر می‌باشد[۱].

$$\dot{X}(t) = \frac{AK(t)^{\alpha} H(t)^{\beta} z(t)^{\gamma}}{z(t)^{\varepsilon}} - \eta X(t) = Y(t) z(t)^{\gamma - 1 + \varepsilon} - \eta X(t) \qquad (۶)$$

$$\gamma > 1, \eta > 0, \varepsilon < 0$$

رابطه فوق بیانگر تغییرات موجودی آلودگی طی زمان می‌باشد. در این رابطه، عبارت $AK^{\alpha} H^{\beta} z^{\gamma+\varepsilon}$ بیانگر کل انتشار آلودگی (E) می‌باشد. پارامترهای η, γ به‌ترتیب بیانگر شدت آلودگی و نرخ طبیعی جذب آلودگی توسط محیطزیست می‌باشد. پارامتر γ همچنین مبین آگاهی زیست‌محیطی بنگاه تولیدی می‌باشد. مقادیر بزرگتر آن به معنی سطح بالاتر آگاهی زیست‌محیطی بنگاه و در نتیجه پذیرش آسان‌تر استانداردها و سیاست‌های زیست‌محیطی شدیدتر، توسط وی می‌باشد. مقدار این پارامتر از نقطه‌نظر دستیابی به توسعه پایدار حائز اهمیت است، به‌طوری‌که هر چه مقدار آن بیشتر باشد امکان دستیابی به توسعه پایدار بیشتر خواهد بود.

تجارت و تراز تجاری: در چارچوب الگوی مورد استفاده فرض می‌گردد دو کالای قابل تجارت وجود دارد. اقتصاد مورد مطالعه اقدام به تولید یک کالای آلاینده نموده و در مبادله با اقتصاد جهانی اقدام به واردات و صادرات کالا می‌کند. بخشی از کالاهای تولیدی خود را در داخل مصرف (C_1)، بخشی را صـادر (C_1^*) و در مقابل از اقتصاد جهانی کالا وارد (C_2) می‌کند. دو کالای داخلی و خارجی جـانشین ناقص یکدیگر می باشند. افزون براین برای سادگی فرض می‌گردد تراز تجاری در موازنه بوده، مصرف‌کنندگان داخلی و خارجی از ترجیحات یکسانی برخوردار بوده[۲] و امکان استقراض از خارج و قرض‌دادن کنار گذاشته شده‌است. با فرض اینکه C_1^* بیانگر مصرف خارجی از تولید داخلی (صادرات اقتصاد مورد مطالعه) و EX بیانگر صادرات اقتصاد مورد مطالعه باشد و قیمت‌های داخلی را به یک

---

۱. در ادبیات رشد و محیط زیست، متغیر آلودگی به یکی از دو صورت متغیر جریانی(Flow) و موجودی(Stock) در نظر گرفته می‌شود. انتخاب نوع متغیر از این حیث، بستگی به هدف مطالعه دارد.

۲. در رابطه با ترجیحات مصرف‌کننده داخلی و خارجی، فرض می‌گردد، تابع مطلوبیت سبد کالای مرکب مصرف‌کننده نمونه خارجی، مشابه با مصرف‌کننده داخلی و به‌صورت $C^*(t) = C_1^*(t)^{\phi^*} C_2^*(t)^{(1-\phi^*)}$ است، که در آن $0 < \phi^* < 1$ سهم کالای صادراتی در سبد مصرف‌کننده خارجی می‌باشد.

نرمال نمائیم ($P_1 = 1$) شرط تعادل تراز تجاری (برابری ارزش صادرات و واردات) به صورت زیر خواهد بود[۱].

$$P_1(t)C_1(t)^* = P_2(t)C_2(t) \Rightarrow EX(t) = P_2(t)C_2(t) = \pi(t)C_2(t) \quad (۷)$$

در رابطه بالا $\pi(t)$ بیانگر رابطه مبادله، یعنی نسبت قیمت خارجی به قیمت داخلی، می‌باشد. پویایی‌های رابطه مبادله از طریق تغییر قیمت‌های نسبی موجب تغییر تقاضای سبد کالای مرکب و تغییر در نرخ‌های رشد می‌گردد.

۳-۲- بررسی پویایی‌های الگو (نرخ های رشد وضعیت پایدار)

در قسمت قبل چارچوب کلی الگوی رشد تعمیم‌یافته و فرضیات در رابطه با اجزاء آن بیان گردید. به منظور استخراج مجموعه شرایط لازم برای قرار گرفتن اقتصاد بر روی مسیر رشد پایدار لازم است تا با استفاده از نظریه کنترل بهینه، مسأله بهینه‌سازی برنامه‌ریز اجتماعی را حل نموده و شرایط لازم برای تحقق توسعه پایدار را به‌دست آوریم. مسأله بهینه‌سازی برنامه‌ریز اجتماعی شامل حداکثرسازی ارزش فعلی مطلوبیت طول‌عمر مصرف‌کننده نمونه(رابطه۳) نسبت به قیدهای (۱)، (۴)، (۵) و (۶) و به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \left(\frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \omega \frac{X^{1+\nu} - 1}{1+\nu}\right) dt \quad (۱-۸)$$

s.t.

$$Y = AK^{\alpha} H^{\beta} z \quad (۲-۸)$$

$$\dot{H} = \mu H \quad (۳-۸)$$

$$\dot{K} = Y - P_C C \quad (۴-۸)$$

$$\dot{X} = Yz^{\gamma-1+\varepsilon} - \eta X \quad (۵-۸)$$

براساس مجموعه شرایط اولیه[۲] مقادیر $K(0), H(0), X(0), C(0)$ مثبت و مشخص می‌باشند. همچنین شرایط تراگردی[۳] به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\lim_{t\to\infty} q(t)K(t)e^{-\rho t} = 0, \lim_{t\to\infty} \lambda(t)X(t)e^{-\rho t} = 0 \quad (۹)$$

تابع همیلتونین جاری (H_C)[۴] مسأله فوق به‌صورت زیر است.[۱]

---

۱. علامت * معرف مصرف دنیای خارج می‌باشد.

2. Initial Condition
3. Transversality Conditions
4. Current Hamiltonian

$$H_C = \frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \omega\frac{X^{1+\nu}-1}{1+\nu} + q(Y - P_C C) + \lambda(Yz^{\gamma-1+\varepsilon} - \eta X) \qquad (۱۰)$$

در روابط بالا، مصرف (C)و شدت آلودگی (z)متغیرهای کنترلی[۲]، موجودی سرمایه فیزیکی (K) و موجودی آلـودگی (X)متغیرهای وضعیت[۳] و قیمت‌های سـایه[۴] یعنی موجودی سرمایه (q) و آلودگی (λ) بیانگر متغیرهای هم‌وضعیت[۵]می‌باشد. قیمت‌های سایه موجودی سرمایه و آلودگی به‌ترتیب بیانگر تأثیر یک واحد تغییر در موجودی سرمایه و موجودی آلودگی بر ارزش فعلی مطلوبیت طول‌عمر مصرف‌کننده می‌باشد. با حل مسأله حداکثرسازی فوق و براساس شرایط مرتبه اول خواهیم داشت.

$F.O.C$:

$$\frac{\partial H_C}{\partial C} = C^{-\sigma} - qP_C = 0 \Rightarrow C^{-\sigma} = qP_C \qquad (۱-۱۱)$$

$$\frac{\partial H_C}{\partial z} = q.\frac{Y}{z} + \lambda.(\gamma+\varepsilon)Yz^{\gamma+\varepsilon-2} = 0 \qquad (۲-۱۱)$$

$$\frac{\partial H_C}{\partial K} = -\dot{q} + q\rho \Rightarrow q.\alpha\frac{Y}{K} + \lambda.\alpha\frac{Yz^{\gamma-1+\varepsilon}}{K} = -\dot{q} + q\rho \Rightarrow$$
$$\dot{q} = q(\rho - .\alpha\frac{Y}{K}) - \lambda.\alpha\frac{Yz^{\gamma-1+\varepsilon}}{K} \qquad (۳-۱۱)$$

$$\frac{\partial H_C}{\partial X} = -\dot{\lambda} + \lambda\rho \Rightarrow -\omega X^{\nu} - \eta\lambda = -\dot{\lambda} + \lambda\rho \Rightarrow \dot{\lambda} = \lambda(\rho+\eta) + \omega X^{\nu} \qquad (۴-۱۱)$$

بعد از گرفتن لگاریتم و دیفرانسیل از مجموعه روابط فوق و جایگزینی مقادیر نرخ رشد قیمت‌های سایه و ساده‌سازی نتایج، می‌توان مجموعه روابط زیر که بیانگر پویایی‌های سیستم اقتصادی- اکولوژیک در اقتصاد باز است را استخراج نمائیم.[۶]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

---

۱. از آن‌جا در چارچوب الگوی مورد بررسی، نرخ رشد سرمایه انسانی به‌صورت برونزا در نظر گرفته شده است، بنابراین در تابع همیلتونین، معادله انباشت سرمایه انسانی به‌صورت قید در نظر گرفته نشده‌است. در عین حال به‌منظور سادگی اندیس زمان (t) کنار گذاشته شده است.

2. Control Variables
3. State Variables
4. Shadow Prices
5. Co.State Variable

۶. به‌منظور جلوگیری از طولانی‌شدن مقاله، از ذکر جزئیات حل این قسمت و نیز نحوی استخراج نرخ‌های رشد در وضعیت پایدار (SS)خودداری شده‌است. درعین‌حال، نزد نویسندگان موجود است و درصورت نیاز می‌توان آن‌ها را ارائه کرد.

$$g_C = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{1-\phi-\phi^*}{\sigma(1-\phi-\phi^*)+\phi}\left[\alpha\frac{Y}{K}\left(\frac{\gamma-1+\varepsilon}{\gamma+\varepsilon}\right)-\rho-\frac{\phi\psi}{\left(1-\phi-\phi^*\right)}\right] \quad (۱-۱۲)$$

$$g_Z = \frac{\dot{Z}}{Z} = \frac{1}{1-\gamma-\varepsilon}\left[-\frac{\dot{C}}{C}\left[\frac{\sigma(1-\phi-\overset{*}{\phi})+\phi}{(1-\phi-\overset{*}{\phi})}\right]+\frac{\phi\psi}{(1-\phi-\overset{*}{\phi})}+\eta+\rho-(\gamma+\varepsilon)\omega C^{\sigma}P_C Z^{\gamma+\varepsilon-1}X^{\nu}\right] \quad (۲-۱۲)$$

$$g_K = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{Y}{K} - \frac{P_C C}{K} \quad (۳-۱۲)$$

$$g_X = \frac{\dot{X}}{X} = \frac{YZ^{\gamma-1+\varepsilon}}{X} - \eta \quad (۴-۱۲)$$

$$g_X = \frac{\dot{X}}{X} = \frac{YZ^{\gamma-1+\varepsilon}}{X} - \eta \quad (۵-۱۲)$$

$$g_X = \frac{\dot{X}}{X} = \frac{YZ^{\gamma-1+\varepsilon}}{X} - \eta \quad (۶-۱۲)$$

$$g_H = \frac{\dot{H}}{H} = \mu \quad (۷-۱۲)$$

$$g_{pc} = \frac{\dot{P}_C}{P_C} = \phi\frac{\dot{\pi}}{\pi} \quad (۸-۱۲)$$

$$g_\pi = \frac{\dot{\pi}}{\pi} = \frac{1}{1-\phi-\phi^*}\left[\frac{\dot{C}}{C}-\varphi\right] \quad (۹-۱۲)$$

در روابط فوق g_C نرخ رشد مصرف، g_Z نرخ رشد شدت آلودگی، g_K نرخ رشد موجودی سرمایه فیزیکی، g_X نرخ رشد موجودی آلودگی، g_H نرخ رشد موجودی سرمایه انسانی، g_{P_C} نرخ رشد شاخص قیمت کالای مرکب و g_π نرخ رشد رابطه مبادله، به‌دست آمده از مجموعه شرایط مرتبه اول بهینه‌سازی، می‌باشد. علاوه‌بر این پارامتر ψ معرف نرخ رشد اقتصاد جهانی $\left(\frac{\dot{C}}{C}\right)^*$ است که برای سادگی برون‌زا در نظر گرفته شده‌است.

علاوه براین به‌منظور استخراج شرایط لازم جهت قرار گرفتن اقتصاد در وضعیت توسعه پایدار، لازم است تا مقادیر نرخ رشد متغیرهای کلیدی الگو بر روی مسیر رشد پایدار (SS) را به‌دست آوریم. ویژگی مسیر رشد پایدار این است که تغییرات همه متغیرهای کلیدی الگو بر روی آن صفر است. با در نظر گرفتن این نکته، برای محاسبه نرخ‌های رشد موردنظر از مجموعه شرایط مرتبه اول (روابط

۱۲-۱ تا ۱۲- ۷) لگاریتم و بعد دیفرانسیل می‌گیریم. بعد از ساده‌سازی و مرتب‌کردن روابط موردنظر، نرخ رشد متغیرهای C,Y,K را به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$g_Y = g_K = \frac{(1-\alpha)(\gamma-1+\varepsilon)(1+v)(1-\phi^*)\mu+(1-\sigma)\phi\psi}{(1-\phi^*)[(1-\alpha)(\gamma-1+\varepsilon)(1+v)+\sigma+v]+\phi(1-\sigma)} \quad (۱۳)$$

$$g_C = \frac{(1-\phi-\phi^*)g_Y+\phi\psi}{1-\phi*} \quad (۱۴)$$

همچنین نرخ‌های رشد متغیرهای شدت آلودگی (z)، موجودی آلودگی (X)، شاخص قیمت کالای مرکب (P_C) و رابطه مبادله (π) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$g_Z = -\frac{[(\sigma+v)(1-\phi^*)+\phi(1+v)]g_Y+\phi\psi(1-\sigma)}{(\gamma-1+\varepsilon)(1+v)(1-\phi^*)} \quad (۱۵)$$

$$g_X = \frac{(1-\sigma)(1-\phi-\phi^*)g_Y+(1-\sigma)\phi\psi}{(1+v)(1-\phi^*)} \quad (۱۶)$$

$$g_{P_C} = \frac{\phi}{1-\phi-\phi^*}(g_Y-\psi) \quad (۱۷)$$

$$g_\pi = \frac{1}{1-\phi-\phi^*}(g_Y-\psi) \quad (۱۸)$$

مجموعه روابطه(۱۳) تا (۱۸) بیانگر پویایی‌های سیستم اقتصادی-زیست‌محیطی می‌باشد. روابط (۱۳) و (۱۴) به‌ترتیب بیانگر نرخ رشد تولید (سرمایه فیزیکی) و مصرف بر روی مسیر رشد پایدار می‌باشد. این روابط بیانگر آن است که با وجود تأثیر منفی آلودگی بر رفاه جامعه و بازبودن اقتصاد، نرخ رشد متغیرهای تولید و موجودی سرمایه متفاوت از نرخ رشد مصرف و کمتر از μ خواهد بود. این درحالی است که نرخ رشد این متغیرها، بدون وجود اثرات منفی زیست‌محیطی ناشی از انتشار آلودگی و در اقتصاد بسته، برابر نرخ رشد سرمایه انسانی (μ) خواهد بود.

رابطه (۱۵) بیانگر این است که در طول مسیر رشد پایدار، شدت آلودگی (z) با نرخ ثابت $(g_z<0)$ کاهش می‌یابد، که بدین‌معنی است که انتقال فناوری پاک و استفاده از فناوری پاک‌تر در فرآیند تولید، کیفیت محیط‌زیست را بهبود می‌بخشد. تغییر در شدت آلودگی (γ) و انتقال فناوری پاک (ε) اختلاف بین نرخ رشد سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی (g_Y,μ) را کاهش داده و موجب متعادل شدن نرخ رشد تولید و سرمایه می‌گردد. از آن‌جاکه شرط لازم برای پایداری توسعه، نزولی بودن آلودگی می‌باشد، براساس رابطه (۱۶) این مهم تنها در صورتی تحقق پیدا خواهد نمود که $\sigma>1$ باشد. تنها در این صورت می‌توان گفت همراه با رشد اقتصادی و دستیابی به توسعه،

آلودگی به‌طور پیوسته در طول مسیر رشد کاهش پیدا خواهد نمود. بـه‌طور خلاصه روابط فوق بیانگر این نکته می‌باشد که برای رسیدن به توسعه پایدار از یک‌سو، لازم است تا نرخ رشد اقتصاد در یک سطح قابل‌قبول مثبت باشد$(g_Y > 0)$و از سوی دیگر، لازم است تا کیفیت محیط‌زیست حداقل ثابت باشد$(g_X \leq 0)$. همچنین رابطه (۱۶) بیانگر آن است که نرخ رشد آلودگی زیست‌محیطی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار کوچک‌تر از نرخ رشد تولید اقتصاد است. در نهایت روابط (۱۷) و (۱۸) به ترتیب، نرخ‌های رشد شاخص قیمت و رابطه مبادله را بر مسیر رشد پایدار نشان می‌دهد. براین اساس تغییرات شاخص قیمت کالای مرکب، تابعی از نرخ رشد رابطه‌ی مبادله و سهم کالای وارداتی در مخارج خانوار (ϕ)می‌باشد. نرخ رشد رابطه مبادله نیز تابعی از تفاوت بین نرخ‌های رشد داخلی و خارجی است. با افزایش نرخ رشد شاخص قیمت، نرخ رشد مصرف کاهش پیدا خواهد نمود. تغییر در رابطه مبادله از طریق اثرات جانشینی و درآمدی بر تصمیم‌گیری مصرف و پس‌انداز خانوارها و به‌دنبال آن بر انباشت سرمایه و تولید و در نهایت انتشار و شدت آلودگی اثر می‌گذارد.[1] بدین‌معنی که چنان‌چه قیمت‌های آتی در مقایسه با قیمت‌های حال پائین‌تر (بالاتر) باشد، مصرف‌کنندگان مصرف حال خود را کاهش (افزایش) و پس‌انداز خود را افزایش (کاهش) می‌دهند (اثر جانشینی). اما اگر قیمت‌های نسبی در تمامی دوره‌هـا پائین‌تر (بالاتر) باشد، مصرف‌کنندگان مقدار مصرف حال و آتی خود را افزایش (کاهش) و پس‌انـداز خود را کاهش (افزایش) می‌دهند (اثر درآمدی). با افزایش پس‌انداز، انباشت سرمایه افزایش و در نتیجه تولید و به‌دنبال آن انتشار آلودگی افزایش پیدا خواهد نمود.

آن‌گونه که روابط بالا نشان می‌دهد در طول مسیر رشد وضعیت پایدار، نرخ رشد متغیرهای الگو به پارامترهای کشش تولید سرمایه فیزیکی (α)، ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان (γ)، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان (ν)، پارامترهای تجاری (ترجیحات نسبت به کالای وارداتی و صادراتی ϕ, ϕ^*)، پارامتر انتقال تکنولوژی پاک (ε)، عکس کشش بین‌دوره‌ای مصرف (σ)، نرخ رشد موجودی سرمایه انسانی (μ)و نرخ رشد اقتصاد جهانی (ψ) بستگی دارد. در این میان پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان، پارامتر انتشار تکنولوژی پاک و پارامتر کشش جانشینی بین‌دوره‌ای از نقطه‌نظر سیاست‌گذاری بیش از بقیه پارامترها حائز اهمیت می‌باشد. براین اساس در دنباله با بهره‌گیری از مقادیر پارامترهای متناظر با اقتصاد ایران، ضمن کالیبره کردن الگو، به تجزیه و تحلیل حساسیت نرخ‌های رشد وضعیت پایدار نسبت به این پارامـترها می‌پردازیم.

1. Sen and Turnovsky

٤. تجزیه وتحلیل نتایج (کالیبره‌کردن الگو و تحلیل حساسیت)

در قسمت قبل با استفاده از نظریه کنترل بهینه و با حل مجموعه معادلات تفاضلی حاصل از شرایط مرتبه اول بهینه‌سازی، الگو به‌صورت تحلیلی حل و نرخ‌های رشد متغیرهای الگو بر روی وضعیت پایدار محاسبه گردید. در این قسمت با طرح سناریوهای مختلف به تحلیل حساسیت الگو می‌پردازیم. در روش کالیبره‌کردن برخلاف روش‌های اقتصادسنجی که پارامترهای الگو برآورد می‌گردد، بر محاسبه غیرتصادفی (معین) مقادیر پارامترها تأکید می‌گردد. به بیان دیگر این روش برخلاف روش‌های اقتصادسنجی معمول است که پارامترهای سازگار با داده‌های تجربی تخمین زده می‌شود. در این روش مقدار عددی پارامترها به‌صورت داده شده و برون‌زا وارد الگو می‌گردد و هدف به‌دست آوردن مسیر بهینه و مقادیر نرخ رشد متغیرها می‌باشد.[1] همچنین با اختصاص مقادیر متفاوت به پارامترهای الگو، امکان طرح سناریوهای مختلف و بررسی تأثیر آن بر مسیر بهینه متغیرها ایجاد می‌گردد. برای کالیبره‌کردن الگو لازم است تا به مقادیر پارامترهای الگو دسترسی داشته باشیم. بدین‌منظور با استفاده از روش‌های مختلفی مانند استفاده از آمارهای منتشر شده توسط مراکز آماری، استفاده از مطالعات تجربی (مثلاً مطالعات اقتصادسنجی) انجام شده توسط دیگران و یا برآورد پارامترها توسط محقق (مثلا در قالب الگوهای اقتصادسنجی) یا روش‌های دیگر مقادیر پارامترها تعیین و به‌صورت برونزا وارد الگو می‌گردد. پارامترهای مورد استفاده برای این منظور به‌همراه مقادیر مورد استفاده و نحوه‌ی استخراج آن‌ها در جدول زیر گزارش شده است.

جدول شماره ۱: مقادیر پارامترهای مورد استفاده

پارامتر	توصیف	مقدار	منبع
v	کشش مطلوبیت آلودگی(آگاهی زیست‌محیطی مصرف کننده)	۰/۲	پالما و همکاران (۲۰۱۰)[2]
α	کشش تولیدی عامل سرمایه فیزیکی	۰/۳	محاسبات تحقیق[3]

☜

1. Gretengy and Rutherford
2. Palma *et al*

۳. محاسبه پارامترهای کشش تولیدی سرمایه فیزیکی (α)، کشش تولیدی سرمایه انسانی (β) و پارامتر انتقال تکنولوژی پاک (ε) براساس برآورد حداقل مربعات سه مرحله‌ای (3SLS)سیستم معادلات زیر انجام گردیده 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 تعریف متغیرها همانند قبل می‌باشد. متغیر باز بودن اقتصاد (OP) به‌منظور نشان دادن تأثیر تجارت بر کیفیت محیط‌زیست (شدت انتشار آلودگی) در نظر گرفته شده است. در این رابطه به پیروی از Grubb(2000) ضریب β_3 به‌عنوان پارامتر انتقال تکنولوژی پاک در نظر گرفته شده است. همچنین پارامترهای α_2 و α_1 به‌ترتیب کشش تولیدی عامل سرمایه انسانی و فیزیکی می‌باشند. تاثیر مثبت باز بودن اقتصاد بر کیفیت محیط زیست در اقتصاد ایران در مطالعه لطفعلی‌پور و همکاران(۱۳۹۱) نیز به اثبات رسیده‌است.

β	کشش تولیدی عامل سرمایه انسانی	۰/۲۹	محاسبات تحقیق
ϕ	سهم کالای وارداتی در کل مخارج مصرفی خانوار	۰/۰۹	آمارنامه گمرک ج.ا.ا (۱۳۸۵)
ϕ^*	سهم صادرات در مخارج مصرفی خارجی	۰/۰۳۸	آنکتاد (۲۰۱۰)
μ	نرخ رشد سرمایه انسانی	۰/۰۳۸	محاسبات تحقیق (براساس متوسط نرخ رشد سرمایه انسانی)
γ	آگاهی زیست‌محیطی تولید کننده(آلایندگی تولید)	۱/۴۸	محاسبات تحقیق[۱]
σ	عکس کشش جانشینی بین دوره‌ای مصرف	۰/۹۵	دشتبان فاروجی و همکاران (۱۳۹۰)
ψ	متوسط نرخ رشد مصرف جهانی	۰/۰۳۷	بانک جهانی (۲۰۱۱)
ε	پارامتر انتقال تکنولوژی پاک	۰/۱۵	محاسبات تحقیق

منبع: گردآوری و محاسبات تحقیق

براساس محاسبات انجام شده، نرخ‌های رشد متغیرهای مصرف، تولید (سرمایه فیزیکی)، موجودی آلودگی و شدت آلودگی به‌صورت جدول زیر می‌باشد.

جدول شماره ۲: نرخ رشد متغیرهای کلیدی الگو بر روی مسیر وضعیت پایدار(SS)

ردیف	متغیر	نرخ رشد
۱	مصرف	۰/۰۱۴۳
۲	تولید (سرمایه فیزیکی)	۰/۰۱۲۰
۳	موجودی آلودگی	۰/۰۰۰۶
۴	شدت آلودگی	-۰/۰۱۹۶

منبع: محاسبات تحقیق

نتایج جدول فوق بیانگر آن است که بر روی مسیر وضعیت پایدار (SS) مصرف از نرخی رشدی برابر۱/۴۳ درصد برخوردار می‌باشد. همچنین تولید و موجودی سرمایه فیزیکی با نرخی برابر ۱/۲ درصد و متفاوت از مصرف به رشد خود ادامه می‌دهند. این درحالی است که در تجزیه و تحلیل‌های الگوهای رشد استاندارد که در چارچوب اقتصاد بسته انجام می‌گیرد، بر روی مسیر وضعیت پایدار متغیرهای مصرف، تولید و موجودی سرمایه فیزیکی از نرخ رشد یکسانی برخوردار می‌باشد. در چارچوب اقتصاد باز این نتیجه معتبر نخواهد بود، چراکه نرخ رشد تولید متأثر از نرخ رشد شاخص قیمت‌ها (که خود متأثر از رابطه مبادله است) می‌باشد. علاوه‌بر این نتایج محاسبات بیانگر آن است که نحوه‌ی تغییرات آلودگی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار بسته به مقدار پارامتر معکوس کشش

۱. برای برآورد پارامتر آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان (γ)، که نشان‌دهنده میزان آلایندگی تکنولوژی تولید نیز می‌باشد، از فرم لگاریتمی معادله انتشار آلودگی $E(t) = AK(t)^{\alpha} H(t)^{\beta} Z(t)^{\gamma}$ استفاده شده‌است.

جانشینی بین‌دوره‌ای (نـرخ همـوارسازی مصرف یا ضریب ریسـک‌گریزی نـسبی) متفاوت اسـت. بـه‌طوری‌که برای مقادیر $\sigma>1$،که به معنی مقعربودن ترجیحات مصرف‌کننده نسبت به مصرف می‌باشد، همراه با رشد مثبت تولید، آلودگی کاهش پیدا می‌کند. اما برای مقادیر $\sigma<1$، در طول مسیر رشد وضعیت پایدار، آلودگی از نرخ رشد مثبت برخوردار است. این نتیجه مطابق با نتایج مطالعه لوپز (۱۹۹۴) می‌باشد.[۱] در حالت اخیر موجودی آلودگی، همراه با تولید به رشد خود ادامه می‌دهد به‌طوری- که در طول مسیر رشد وضعیت پایدار از نرخی معادل ۰/۰۶ درصد برخوردار می‌باشد. در این شرایط با توجه به افزایش آلودگی همراه با رشد اقتصادی می‌توان گفت، در طول مسیر رشد وضعیت پایدار کیفیت محیط‌زیست بدتر می‌گردد. بنابراین اقتصاد ایران، در طول مسیر مورد نظر، شرایط پایداری توسعه را تجربه نخواهد نمود.[۲] در عین‌حال با وجود اینکه متغیرهای تولید و آلودگی در طول مسیر رشد وضعیت پایدار از نرخ رشد مثبتی برخوردار می‌باشند، اما به‌دلیل کمتر بودن نرخ رشد آلودگی نسبت به تولید، در عمل شاهد کاهش شدت انتشار آلودگی خواهیم بود. به‌طوری‌که این متغیر بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار با نرخی معادل ۱/۹ درصد کاهش پیدا می‌کند.

٤-۱. تحلیل حساسیت نتایج الگو

به‌منظور تجزیه و تحلیل نتایج و تعیین میزان حساسیت نرخ‌های رشد در وضعیت پایدار، نسبت به پارامترهای الگو با طرح سناریوی افزایش ۱۰ درصدی مقادیر پارامترها، به تحـلیل حساسیت نتایج می‌پردازیم. برای این منظور سناریو افزایش پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان، ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان، انتشار تکنولوژی پاک را مورد بررسی قرار می‌دهیم. پارامترهای موردنظر از نقطه‌نظر دستیابی به توسعه پایدار و سرعت انتقال اقتصاد به مسیر رشد پایدار بلندمدت حائز اهمیت می‌باشد. خلاصه نتایج تحلیل حساسیت به‌صورت جدول زیر است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. به‌عنوان مثال با در نظر گرفتن مقدار ۱/۵ برای پارامتر موردنظر، آلودگی با نرخی معادل ۰/۴۶ درصد افزایش پیدا می‌کند. این درحالی است که تولید و مصرف به ترتیب با نرخ‌های معادل ۰/۸ و ۱/۱ درصد افزایش پیدا می‌کند.

۲. براساس روابط (۱۳) و (۱۶) شرط پایداری توسعه مستلزم آن است که همراه با رشد اقتصادی مثبت $g_Y>0$ آلودگی افزایش پیدا نکند (یعنی $g_X<0$). برای این منظور لازم است تا شرط $\sigma>1$ محقق گردد. چنانچه مقدار پارامتر عکس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای را بیش از یک در نظر بگیریم نتیجه فوق صادق خواهد بود.(اگر چه برخی از مطالعات داخلی مانند عسگری (۱۳۸۲) مقدار ۷/ ۲، متوسلی و همکاران (۱۳۸۹) مقدار ۱/۵ و کیارسی (۱۳۸۶) مقدار یک را برای این پارامتر در نظر گرفته‌اند، اما تمامی مطالعات خارجی مانند سامپائولسی (۲۰۰۳) ، سیراکایا و همکاران (۲۰۰۸) مقداری کمتر از یک را برای این پارامتر در نظر گرفته‌اند).

جدول شماره ۳: خلاصه نتایج تحلیل حساسیت

تغییر در نرخ‌های رشد متغیرهای کلیدی الگو در وضعیت پایدار(SS)				
تغییر در پارامتر	تولید (سرمایه فیزیکی)	مصرف	آلودگی	شدت آلودگی
$\Delta\gamma$	۰/۰۰۱۷۸	۰/۰۰۱۶۱	-۰/۰۰۰۰۶۷	۰/۰۰۱۳۳
$\Delta\nu$	-۰/۰۰۰۰۰۷	-۰/۰۰۰۰۶۳	-۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۲۶
$\Delta\varepsilon$	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۷	-۰/۰۰۰۰۰۷۲	۰/۰۰۰۱۴

منبع: محاسبات تحقیق

براساس نتایج جدول فوق، تجزیه و تحلیل حساسیت نرخ‌های رشد متغیرهای تولید، مصرف، موجودی آلودگی و شدت انتشار آلودگی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار بیانگر نکات زیر می‌باشد:

۱- بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار، پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان به ترتیب بیشترین اثرگذاری را بر نرخ رشد متغیرهای تولید (موجودی سرمایه فیزیکی)، مصرف، شدت آلودگی و آلودگی از خود نشان می‌دهد. افزایش پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان، از یک‌سو به معنی افزایش آگاهی زیست‌محیطی آن‌ها و کاهش آلایندگی تولید می‌باشد. از سوی دیگر با کاهش آلودگی، مصرف‌کنندگان کالاهای را مصرف می‌کنند که کمتر آلاینده می‌باشد. از این‌رو با افزایش مصرف این کالاها و افزایش تقاضا برای آنها تولید این کالاها افزایش پیدا می‌کند. در عین حال با توجه به این‌که افزایش تولید نسبت به کاهش آلودگی بیشتر می‌باشد، شاهد افزایش شدت انتشار آلودگی می‌باشیم. مقدار پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان تحت تأثیر قوانین و استانداردهای زیست‌محیطی اعمال شده از سوی دولت می‌باشد. برای مثال دولت با تشدید قوانین حمایت از محیط‌زیست می‌تواند بنگاه‌های آلاینده را وادار به نصب تجهیزات کنترل آلودگی و تصفیه هوا و یا آب نماید. علاوه براین دولت می‌تواند از طریق تبلیغات و رسانه‌های عمومی از طریق افزایش آگاهی زیست‌محیطی تولیدکنندگان زمینه بهبود کیفیت محیط‌زیست را فراهم آورد.

۲- بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار، افزایش در پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان دارای تأثیر منفی بر آلودگی، مصرف و تولید می‌باشد. افزایش آگاهی زیست محیطی مصرف‌کنندگان به معنی افزایش عدم مطلوبیت نهایی ناشی از آلودگی و افزایش توجه آنها به محیط‌زیست و در نتیجه افزایش تمایل به پرداخت آنها جهت کنترل آلودگی می‌باشد. درعین‌حال یکی از راه‌های کنترل آلودگی افزایش آگاهی افراد جامعه در رابطه با بنگاه‌های آلاینده محیط-زیست می‌باشد. تجربه نشان داده‌است که افزایش آگاهی مردم نسبت به‌میزان آلاینده‌های که بنگاه‌های تولیدی به محیط‌زیست وارد می‌کنند منجر به واکنش سریع‌تر بنگاه‌های آلاینده در جهت کنترل آلودگی می‌گردد. ظاهرا وجه اجتماعی و نگرانی از عکس‌العمل مصرف‌کنندگان نسبت به

بنگاه‌های آلاینده مهم‌ترین دلیل کاهش آلودگی توسط بنگاه‌های مذکور می‌باشد. بنابراین با افزایش آگاهی زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان، به‌دلیل ترس از واکنش مصرف‌کنندگان و کاهش تقاضا برای کالاهای آلاینده، شاهد کاهش تولید و آلودگی خواهیم بود. انتظار می‌رود با افزایش اهمیت محیط‌زیست نزد مصرف‌کنندگان، ضمن افزایش تمایل به پرداخت آنها برای بهبود کیفیت محیط‌زیست، فشار بیشتری از سوی سازمان‌های غیر دولتی (NGO)[1] حامی محیط‌زیست، بر دولت، در جهت بهبود کیفیت محیط‌زیست وارد گردد. بنابراین با افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و کنترل آلودگی، نرخ رشد تولید و به‌دنبال آن آلودگی و مصرف کاهش پیدا خواهد نمود. در این خصوص نیز دولت می‌تواند با افزایش سطح آگاهی و شعور زیست‌محیطی افراد جامعه زمینه مشارکت افراد جامعه را در جهت بهبود کیفیت محیط‌زیست فراهم آورد. درعین حال با توجه به این‌که کاهش تولید نسبت به آلودگی کمتر می‌باشد، شاهد افزایش شدت انتشار آلودگی می‌باشیم.

۳- بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار، تغییر در پارامتر انتقال تکنولوژی پاک به‌ترتیب دارای بیشترین تأثیر بر نرخ‌های رشد تولید، مصرف، شدت انتشار آلودگی و آلودگی می‌باشد. بر این اساس با افزایش انتقال تکنولوژی پاک، میزان آلودگی کاهش پیدا می‌کند. با کاهش آلودگی همراه با تولید، از یک‌سو مصرف‌کنندگان کالاهای کمتر آلاینده‌ای را مصرف می‌کنند. از سوی دیگر با افزایش تقاضا برای این کالاها، میزان تولید آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. تأثیر نسبتاً ناچیز افزایش انتقال تکنولوژی پاک بر میزان آلایندگی تولید، می‌تواند ناشی از پایین بودن ظرفیت جذب تکنولوژی‌های کمتر آلاینده توسط تولیدکنندگان داخلی باشد.

علاوه‌بر این تغییر در پارامتر عکس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای (ضریب ریسک‌گریزی نسبی) دارای اثرات متفاوتی بر نرخ رشد آلودگی و تولید می‌باشد. این نتیجه از نقطه‌نظر بررسی وضعیت پایداری توسعه و ارتباط رشد و آلودگی، در طول مسیر رشد وضعیت پایدار، حائز اهمیت می‌باشد. بر این اساس برای مقادیر کوچک (کمتر از یک) پارامتر موردنظر، ارتباط مثبتی بین رشد اقتصادی و آلودگی وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش تولید، آلودگی نیز افزایش پیدا می‌کند. برای مقادیر بزرگ (بیشتر از یک) همراه با افزایش تولید، آلودگی کاهش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری

از دهه ۱۹۷۰، با افزایش اهمیت آلودگی زیست‌محیطی، همراه با فرآیند رشد اقتصادی، الگوسازی رشد با وجود ملاحظات زیست‌محیطی رونق پیدا نمود. در این چارچوب الگوهای رشد برونزا، درونزا، نسل‌های همپوشان و الگوهای تعادل عمومی و الگوهای رشد با وجود متغیر زیست‌محیطی به‌عنوان یک عامل تولید، با وارد نمودن متغیر زیست‌محیطی توسعه پیدا نمودند. اگرچه در این چارچوب برخی

1. Non Government Organization

از الگوها صراحتاً فرض کنترل آلودگی را در الگوسازی رشد- زیست‌محیطی در نظر می‌گیرند، اما امکان انتشار تکنولوژی پاک و اثرگذاری آن بر کیفیت محیط زیست و رفاه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در اواخر دهه ۱۹۹۰ همراه با گسترش نگرانی‌های زیست‌محیطی در عرصه بین‌الملل، تلاش‌های در جهت تدوین مکانیسم توسعه پاک (CDM) و انتقال تکنولوژی پاک (از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای درحال‌توسعه) در پروتکل کیوتو، آغاز گردید. بر این اساس در سال‌های اخیر تکنولوژی پاک و انتقال آن همراه با طرح مفهوم پایداری فضائی[1] و تجارت پایدار مورد توجه قرار گرفته‌است. در مطالعه حاضر امکان اثرگذاری انتشار تکنولوژی پاک بر شدت انتشار آلودگی در چارچوب یک الگوی رشد درونزا در نظر گرفته شده و الگو به اقتصاد باز تعمیم داده شده است. در چارچوب الگوی رشد مورد استفاده، شدت انتشار آلودگی به‌عنوان یک نهاده تولید در کنار نهاده‌های رایج تولید، در نظر گرفته شده است. قسمت‌های مختلف الگو شامل معادلات تولید و تکنولوژی، رفاه و ترجیحات مصرف‌کننده، آلودگی و تجارت می‌باشد.

با استفاده از نظریه کنترل بهینه، الگو به‌صورت تحلیلی حل و نرخ رشد متغیرهای تولید، مصرف، موجودی آلودگی و شدت آلودگی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار محاسبه گردیده است. به‌منظور تجزیه و تحلیل نتایج و آزمون الگو، با استفاده از مقادیر پارامترهای متناظر با اقتصاد ایران، نرخ رشد متغیرهای کلیدی بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار کالیبره گردیده است. با توجه به اهمیت پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان، ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و پارامتر انتشار تکنولوژی پاک، تأثیر این پارامترها بر نرخ رشد وضعیت پایدار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج نظری مطالعه حاضر نشان‌دهنده‌ی آن است پارامترهای ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان و پارامتر انتقال فناوری پاک بر نرخ‌های رشد وضعیت پایدار و نیز برقراری شرط پایداری توسعه تأثیرگذار می‌باشند. به‌طوری‌که تغییر در پارامترهای یاد شده، ضمن تأثیرگذاری بر نرخ رشد تولید و مصرف و رابطه مبادله بر میزان آلودگی و شدت انتشار آلودگی و از این رو سرعت انتقال اقتصاد به مسیر رشد وضعیت پایدار بلندمدت اثر می‌گذارد. اگرچه شرط پایداری توسعه بیانگر آن است که همراه با رشد اقتصادی مثبت، شدت آلودگی افزایش پیدا نکند، اما تجارت می‌تواند، از کانال انتقال تکنولوژی پاک، بـر نرخ رشد شدت آلودگی و در نتیجه پایداری توسعه تأثیر بگذارد. به‌طوری‌که با افزایش انتشار تکنولوژی پاک میزان آلودگی همراه با تولید کاهش پیدا می‌نماید.

نتایج حاصل از کالیبره‌کردن الگو بیانگر آن است که تغییرات آلودگی در طول مسیر رشد وضعیت پایدار به مقدار پارامتر معکوس کشش جانشینی بین‌دوره‌ای (ضریب ریسک‌گریزی نسبی) حساس می‌باشد. به‌طوری‌که برای مقادیر $\sigma > 1$ شرط پایداری توسعه، بر روی مسیر رشد وضعیت پایدار، صادق خواهد بود. بدین‌معنی که همراه با رشد تولید، آلودگی کاهش پیدا می‌کند. اما برای مقادیر

1. Spatial Sustainability

$\sigma < 1$ رشد اقتصادی شرایط پایداری توسعه را تأمین نمی‌کند. بدین‌معنی که همراه با افزایش تولید، آلودگی نیز در طول مسیر رشد وضعیت پایدار افزایش پیدا خواهد نمود. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت بیانگر آن است که، در طول مسیر رشد وضعیت پایدار، پارامتر شدت آلایندگی تولید دارای بیشترین تأثیر بر متغیرهای تولید، مصرف، آلودگی و شدت آلودگی می‌باشد. درحالی‌که پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان دارای تأثیر قابل‌توجهی بر انتشار آلودگی می‌باشد، میزان اثرگذاری ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان در مقایسه با دیگر پارامترها کمتر است. تأثیر ناچیز این پارامتر بر متغیرهای اقتصادی مورد مطالعه، با توجه به ویژگی درحال توسعه بودن اقتصاد ایران و عدم توجه کافی به حفاظت از محیط‌زیست، چندان دور از انتظار نمی‌باشد.

از آن‌جا که پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی تولیدکنندگان تحت تأثیر استانداردها و قوانین زیست‌محیطی و پارامتر ترجیحات زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان نیز تحت تأثیر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای کنترل آلودگی و سطح آگاهی عمومی می‌باشد، توصیه می‌گردد دولت از طریق بهبود استانداردها و قوانین زیست‌محیطی از طریق آموزش همگانی و اطلاع‌رسانی درباره اهمیت محیط‌زیست، زمینه مشارکت افراد جامعه را در بهبود کیفیت محیط‌زیست و نزدیک شدن به مسیر رشد توسعه پایدار فراهم آورد. البته با توجه به اینکه اعمال قوانین و استانداردهای زیست‌محیطی (مانند نصب تجهیزات تصفیه آب‌وهوا) موجب افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد، به‌نظر می‌رسد در کنار آن، استفاده از سیاست‌های تشویقی مانند سوبسید و معافیت مالیاتی ضروری باشد. همچنین با توجه به تأثیر مثبت انتشار تکنولوژی پاک بر کیفیت محیط‌زیست توصیه می‌گردد سیاست‌های تجاری به گونه‌ای تنظیم گردد که زمینه انتقال بیشترتکنولوژی‌های پاک‌تر، به‌ویژه در بخش‌های مانند نفت و گاز که بالقوه آلاینده می‌باشند، را فراهم آورد. علاوه براین با توجه به تأکید پروتکل کیوتو بر انتقال تکنولوژی پاک به‌نظر می‌رسد افزایش همکاری‌های بین‌المللی در قالب معاهده مزبور، برای بهره‌مندی هر چه بیشتر از مزایای بالقوه انتقال تکنولوژی‌های پاک، ضروری باشد.

پرتال جامع علوم انسانی

منابع

آمار نامه گمرک جمهوری اسلامی ایران، سال‌های مختلف.

بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، گزارش اقتصادی و ترازنامه‌ی بانک مرکزی سال‌های مختلف.

ترازنامه انرژی ایران، سال‌های مختلف وزارت نیرو، معاونت امور انرژی.

دشتبان فـاروجی، مجید؛ صمـدی، سعید؛ دلالـی‌اصـفـهانی، رحیـم؛ فخار، مجید و عبـدالله‌میلانی، مهنوش (۱۳۸۹)؛" شـبیه‌سازی یک الگوی نسل‌های همپوشان ۵۵ دوره‌ای با رویکرد نظام بازنشتگی ایران". فصلنامه تحقیقات الگوسازی اقتصادی، شماره ۲: ۲۰۳-۱۷۴.

لطفعلی‌پور، محمدرضا؛ فلاحی، محمدعلی و مرتضی بستام (۱۳۹۱)؛ "بررسی مسائل زیست محیطی و پیش‌بینی انتشاردی اکسید کربن در اقتصاد ایران". فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی در ایران، سال اول، شماره۳: ۱۰۹-۸۱.

هراتی، جواد؛ اسلاملوئیان، کریم و محمدعلی قطمیری(۱۳۹۲)؛"بررسی ارتباط شدت آلودگی، تجارت و رشد اقتصادی در ایران: یک الگوی سیستم معادلات همزمان". فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال دهم، شماره ۳۶: ۴۴-۱.

Adu, G. (2010); "Effects on Growth of Environmental Policy in Open Economy", ph.D. Thesis of Economics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Anderson, J. and A. Levinson. (2001); "The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve", Journal of Public Economics, Vol. 80, pp:269-286.

Ansuategi, A. and C. Perrings. (1999); "Transboundary Externalities in the Envronmental Transition Hypothesis", Working Paper, January.

Bartz, S. and D. L. Kelly. (2008); "Economic Growth and Environment: Theory and Facts", Resource and Energy Economics, Vol. 30, pp. 115-149.

Brito, P. and J. Belbute. (2005); "A Note on Endogenous Growth and Renewable Resources", Working Paper, Department of Economics, University of Evora.

Brock, W. A. (1977); "A polluted Golden Age", In (Smith, V., eds.) Economics of Natural and Environmental Resources, New York: Gordan and Breach.

Brock, W., Taylor, S. (2005); "Economic Growth and the Environment: a Review of Theory and Empirics", In: Aghion, P., Durlauf, S.(Eds.), Handbook of Economic Growth, Vol. 1 (2). Elsevier, Amsterdam, pp. 1749–1821.

Brock, W., Taylor, S. (2010); "The Green Solow Model", Journal of Economic Growth, Vol. 15, pp. 127-153.

Deng, H. and J. Huang. (2009); "Environmental Pollution and Endogenous Growth Models and Evidence from China", International Conference on Environmental Science and Information Application Technology.

Dinda, S. (2004); "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", Ecological Economics, Vol. 49, pp. 431-455.

Dinda, S. (2009); "Environmental Externality, Knowledge Accumulation Based Technology Lead Economic Growth", Working Paper, April 15.

Elbasha, E. and T. L. Roe .(1996); "On Endogenous Growth: The Implications of Environmental Externalities", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 31, pp. 240-268.

Forster, B. A. (1973); "Optimal Capital Accumulation in a Polluted Environment", Southern Economic Journal, Vol. 39, pp. 544-557.

Goldemberg, H. (1998);" Viewpoint: Leapfrog Energy Technology", Energy Policy, Vol.26, No.10, pp.729-741.

Greiner, A. (2011); "Environmental Pollution, the Public Sector and Economic Growth: AComparison of Different Senarios", Optimal Control Applications and Methods, Vol.32, Issue 5, pp.527-544.

Grossman, G. M. and A. B. Krueger. (1991); "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", NBER Working Paper Series, NO.3914.

Grubb (2000); "Economic Dimensions of Technological and Global Responses to the Kyoto Protocol", Journal of Economic Studies, Vol. 2, pp. 111-25.

Gruver, G. (1976); "Optimal Investment in Pollution Control Capital in a Neoclassical Growth Context", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 3, pp.165-177.

Hartman, R. and O-Sung. Kwon. (2005);" Sustainable Growth and the Environmental Kuznets Curve", Journal of Economic Dynamics & Control, Vol. 29, pp. 1701-1736.

Lieb, C, M. (2004); "The Environmental Kuznets Curve and Flow Versus Stock Pollution: The Neglect of Future Damages", Environmental & Resource Economics, Vol. 29, pp.483-506.

Jian, X., and Rencheng, T. (2007); "Environmental Effect of Foreign Direct Investment in China", Paper For 16 th International Input-Output Conference , 2-6 July, Istanbul, Turkey.

John, A. and R. Pecchenino. (1994); "An Overlapping Generations Model of Growth and the Environment", The Economic Journal, Vol. 104, No. 427, pp. 1393-1410.

Keller, E.; Spence, M. and Zeckhauser, R. (1971); "The Optimal Control of Pollution", Journal of Economic Theory. Vol. 4. pp: 19-34.

Lehmijoki, V. and Palokanagas, T. (2008); "Trade, Population Growth and the Environment in Developing Countries", Journal of Population Economics.

Lopez, R. (1994); "The Environment as a Factor of Production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalization", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 27, No. 2, pp. 163-184.

Michel, P. and Rotillon, G. (1995); "Disutility of Pollution and Endogenous Growth", Environmental and Resource Economics, Vol. 6, No. 3, pp: 279–300.

Michida, E. and Nishikimi, K.(2007); "North-South Trade Industry-Specific Pollutants", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 54, pp. 229-243.

Murty, S.; Russell, R. R. and Levkoff, S. B (2012); "On Modeling Pollution-generation Technologies", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 64, Issue1, pp. 117-135.

Musu, I. (1994); "On Sustainable Endogenous Growth", Fondazione ENI E. Mattei, Working Paper, No. 11.94, Milan.

Palma, C. R.; Lopez, A. F. and Seqeria .T. N. (2010); "Analysis Externalities in an Endogenous Growth Model with Social and Natural Capital", Ecological Economics, Vol. 69, pp.603-612.

Panayotou, T. (2000); "Economic Growth and the Environment", CID Working Paper No. 56, July 2000, Environment and Development Paper, No. 4.

Pao, H. T. and Tsai, C. M. (2010); "Multivariate Granger Causality Between co2 Emission, Energy Consumption, FDI and GDP: Evidence from a Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India and China) Countries", Energy, Vol. 36, pp.685-693

Perman, R. Y. Ma. and McGilvary, J. (1996); "Natural Resource and Environmental Economics", Longman.

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

Seldon, T, M. and Song, D. (1994); " Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emission?", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 27, No. 2, pp. 147-162.

Sen, Partha and Turnovsky, Stephen J. (1988); " Deterioration of the Terms of Trade and Capital Accumulation: A Reexamination of the Laursen- Metzler Effect", NBER Working Paper No. 2616.

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.; Turnovsky, S. and Alemdar. N. M. (2009); "Economic Growth, Trade, and Environmental Quality", Review of International Economics, Vol. 17, No. 5, pp. 906–926.

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

Strom, S. (1973);" Economic Growth and Biological Equilibrium", Swedish Journal of Economics. Vol. 75. pp. 64-75.

UNCTAD. (2010); World Investment Report: FDI Policies for Development-National and International Perspectives, New York and Geneva: United Nations.

Xepapadeas, A. (1997); "Economic Development and Environmental Pollution: Traps and Growth", Structural Change and Economic Dynamics, Vol. 8, No. 3, pp. 327–350.

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.

Zhang, W. (2011); "Environmental Policy and Pollution Dynamics in an Economic Growth Model", Modern Economy, Vol.2, pp.633-641.