

## تأثیر محدودیت‌های محیط‌زیستی بر رشد اقتصادی ایران در بلندمدت (مطالعه موردی زمین و منابع طبیعی)

علی یونسی<sup>۱\*</sup>، هادی غفاری<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۹

### چکیده

رشد اقتصادی به عنوان یک متغیر مهم اقتصاد کلان همواره مورد توجه سیاست‌گذاران بوده است. زیرا، از طریق آن سایر متغیرهای مهم در اقتصاد مانند بیکاری، توزیع درآمد و ... تحت تأثیر قرار می‌گیرد. لذا عوامل طبیعی و غیرطبیعی محدود کننده رشد اقتصادی بسیار مهم هستند. در این مقاله تمرکز بر روی محدودیت‌های محیط‌زیستی شامل منابع فسیلی و زمین بر رشد اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است. این مقاله با بهبود مدل رشد سولو و لحاظ محدودیت‌های محیط‌زیستی در آن و با استفاده از روش بهینه یابی پویا، کالبراسیون و تحلیل حساسیت، محدودیت‌های منابع فسیلی و زمین بر رشد اقتصادی بلند مدت در ایران را محاسبه نموده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در یک شرایط اولیه و با توجه به موجودی‌های فعلی، نرخ رشد اقتصادی در بلند مدت برای ایران ۶ درصد می‌باشد که محدودیت‌های منابع فسیلی و زمین می‌تواند آن را محدود کند. میزان محدودیت‌های منابع فسیلی و زمین به گونه‌ای است که چنانچه کشش تابع تولید نسبت به منابع فسیلی به ۰/۴۵ برسد رشد منفی خواهد شد و کاهش آن موجب افزایش تولید در مسیر رشد بلند مدت خود خواهد بود. علاوه بر این چنانچه کشش تولید به ۰/۴ برسد رشد اقتصادی در بلند مدت عدد منفی به خود خواهد دید. لذا مدیریت بر مصرف زمین و منابع فسیلی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و کاهش وابستگی تولید به این دو نهاد موجب افزایش رشد اقتصادی خواهد شد.

**کلید واژه‌ها:** محیط زیست، منابع فسیلی، زمین، رشد اقتصادی

طبقه‌بندی JEL: O44, Q53, Q56

## سرآغاز

در جریان رشد اقتصادی استفاده از منابع اجتناب ناپذیر است لذا استفاده از منابع طبیعی در جریان تولید کالا باید با کارایی توأم باشد در غیر این صورت محدودیت‌های منابع طبیعی می‌تواند به محدودیت‌های رشد اقتصادی منجر شود. به عبارت دیگر رشد اقتصادی تابع منابع طبیعی و محیط‌زیست است و خودش بر روی محیط‌زیست و موجودی منابع تأثیر می‌گذارد (چراغی و همکاران، ۱۳۹۸).

مسیر رشد اقتصادی بدون ملاحظات محیط‌زیستی بسیار پایین‌تر از مسیر رشد اقتصادی است، چرا که در مسیر رشد پایدار به محیط‌زیست فرصت خود بازیابی و ترمیم داده می‌شود و این امر مستلزم کاهش سرعت رشد اقتصادی می‌باشد. پیرامون تأثیرات رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست مطالعات متعددی انجام شده است که به مطالعات EKC<sup>(۱)</sup> مشهور شده‌اند<sup>(۲)</sup>، بر اساس این مطالعات در مراحل ابتدایی رشد اقتصادی، افزایش در سطح تولید منجر به تخریب محیط‌زیست می‌شود ولی در مراحل بالاتر رشد، تقاضا برای استانداردهای محیط‌زیستی افزایش می‌یابد و یک رابطه مثبت بین رشد تولید و کیفیت محیط‌زیست برقرار می‌شود. تئوری EKC (تئوری منحنی محیط‌زیستی کوزنتس) که برای اولین بار توسط کروسمن و کروگر (۱۹۹۱) بایان یک رابطه درجه دوم بیان شد، مورد نقد قرار گرفت، از آن دفاع شد و نهایتاً دوباره مورد انتقاد قرار گرفت. در طول این دوران موافقان و مخالفان تئوری منحنی محیط‌زیست کوزنتس به سهم خود موجب توسعه ادبیات شدند. بنابراین بر اساس فرضیه EKC یک رابطه به شکل U معکوس بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست وجود دارد<sup>(۳)</sup>. یکی از ایرادات عمده مطالعات EKC عدم توجه به تأثیر متقابل کیفیت محیط‌زیست بر رشد اقتصادی می‌باشد. در این مطالعات گفته شده تنها تأثیر رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست مورد بررسی قرار می‌گیرد در حالی که کیفیت محیط‌زیست نیز به‌نوبه خود و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر رشد اقتصادی تأثیر می‌گذارد.

در مطالعه حاضر محدودیت‌های منابع طبیعی مانند نفت و زمین بر روی رشد اقتصادی ایران در بلند مدت مورد بررسی قرار می‌گیرد و به این پرسش پاسخ داده می‌شود که آیا پس از آغاز دوره رشد اقتصادی و استفاده از منابع طبیعی و زمین، ممکن است محدودیت‌های این منابع و ثبات در موجودی زمین به‌عنوان یک

عامل محدودکننده برای رشد در بلند مدت مطرح باشد. به این منظور ابتدا به ارائه مبنای نظری موضوع پرداخته شده و سپس به‌تصریح مدل پرداخته می‌شود و سپس با استفاده از روش کنترل بهینه پویا به حل و تحلیل تجربی موضوع در ایران پرداخته می‌شود و در نهایت به جمع بندی نتایج و ارائه راه کارهای سیاستی مبادرت می‌شود.

## رشد اقتصادی و محیط زیست

اولین مطالعه نظری منسجم در مورد ارتباط رشد اقتصادی و محیط‌زیست توسط دی‌آرج (۱۹۷۱) ارائه شد که در آن با استفاده از مدل رشد هارود وجود رابطه علی بین رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست نشان داده شده بود. فورستر (۱۹۷۲) مطالعه مشابهی را در چارچوب مدل رشد نئوکلاسیک انجام داد که در آن موجودی آلودگی محیط‌زیستی به‌عنوان یک نهاده در تابع تولید وارد شده و خود متغیر موجودی آلودگی نیز تابعی از سرمایه فیزیکی در نظر گرفته شده بود. نتایج این مطالعه نشان داد که یک مسیرتعادلی رشد وجود دارد که در طی آن آلودگی ایجاد شده به‌واسطه سرمایه‌های فیزیکی توسط محیط‌زیست جبران شده و موجودی سرمایه‌های محیط‌زیستی ثابت می‌ماند. بدیهی است که این مسیر رشد بسیار پایین‌تر از مسیر رشد اقتصادی است که بدون ملاحظات محیط‌زیستی تعیین می‌شود. فورستر (۱۹۷۳) در مطالعه دیگری به بررسی اثر سیاست‌های کاهش آلودگی بر رشد اقتصادی پرداخت و این بار علاوه بر تابع تولید، تابع مطلوبیت را نیز به محیط‌زیست مرتبط ساخت و نشان داد که در این حالت حتی سطح رشد تعادلی بسیار پایین‌تر از حالتی است که تنها تابع تولید وابسته به کیفیت محیط‌زیست می‌باشد. پس از یک دوره افول، در دهه اخیر موج جدیدی از مطالعاتی که رابطه رشد و محیط‌زیست را مورد بررسی قرار دهند جریان یافته است. برخی از این مطالعات به بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر محیط‌زیست پرداخته‌اند که به مطالعات EKC مشهور شده‌اند. در کنار این مطالعات، تعداد محدودی از مطالعات سعی کرده‌اند تا رابطه دو سویه کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی را با بهره‌گیری از الگوهای رشد توجیه نمایند.

در مطالعات دیگری سعی شده تا شرایط دست یابی به رشد پایدار که در آن رشد اقتصادی با در نظر گرفتن ملاحظات محیط‌زیستی در مسیر تعادلی خود قرار می‌گیرد، شناسایی گردد.

آورد و باعث توقف رشد شود. در این تحقیق این مسئله که چگونه محدودیت‌های محیط‌زیستی بر رشد دراز مدت اثر می‌گذارند مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

عوامل محیط‌زیستی به دو دسته تقسیم می‌شوند. آن‌هایی که برایشان حقوق مالکیت وجود دارد مانند منابع طبیعی و زمین و آن‌هایی که برایشان حقوق مالکیت وجود ندارد مانند آب و هوای پاک. در اینجا آن نوع از عوامل محیط‌زیستی در نظر گرفته می‌شود که در بازار مبادله می‌شود. لذا منابع طبیعی و زمین به‌عنوان دو عامل تأثیرگذار بر تولید به مدل سولو اضافه می‌شود (رومر، ۱۳۸۸). یعنی:

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t), R(t), T(t)) \quad (2)$$

که در آن  $R(t)$  منابع طبیعی مورد استفاده در تولید و  $T(t)$  مقدار زمین است.

### پیشینه تحقیق

در حوزه تأثیر محدودیت‌های محیط‌زیست از جمله زمین و موجودی سوخت‌ها ی فسیلی بر رشد اقتصادی تحقیق مرتبطی یافت نشد، اما محققان مختلف با معادل قرار دادن محیط‌زیست و آلودگی به بررسی ارتباط بین محیط‌زیست و رشد اقتصادی پرداخته‌اند.

### الف) مطالعات داخلی

بهبودی و سجودی (۱۳۹۰) به بررسی ارتباط بین محیط‌زیست و رشد پایدار پرداخته‌اند. یافته‌های مقاله مذکور نشان می‌دهد آلودگی محیط‌زیست با رشد اقتصادی افزایش می‌یابد.

در مطالعه دیگری که توسط احمدیان و همکاران (۱۳۹۶) انجام شده است، اثر تخریب محیط‌زیست بر رشد اقتصادی برای ۳۲ کشور مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد رابطه مثبت و معناداری بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست وجود دارد. جعفری صمیمی و احمدپور (۱۳۹۰) به بررسی رابطه بین شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در کشورهای توسعه یافته، رشد اقتصادی بر عملکرد محیط‌زیست تأثیر منفی دارد، به‌گونه‌ای که در بازه زمانی مورد بررسی، افزایش رشد اقتصادی در این کشورها، منجر به تخریب محیط‌زیست یا کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود.

سان (۲۰۰۴) به بررسی تأثیر حفاظت از محیط‌زیست بر رشد پایدار پرداخته و نشان داده است که برای دستیابی به رشد پایدار یک اثر آستانه‌ای از حفظ محیط‌زیست ضروری می‌باشد. به عبارت دیگر اثر نهایی حفاظت از محیط‌زیست بایستی به‌قدر کافی بزرگ باشد تا رشد اقتصادی در مسیر پایدار قرار گیرد. همچنین استاکی (۱۹۹۸)، آقیون و هوایت (۱۹۹۸) و بروک و تیلور (۲۰۰۴) از جمله این مطالعات هستند که نشان دادند یک رابطه دو سویه بین آلودگی محیط‌زیستی و رشد اقتصادی وجود دارد. همچنین این مطالعات به نقش سرمایه انسانی در تعدیل رابطه آلودگی محیط‌زیستی و رشد اقتصادی تأکید نموده‌اند. در این مطالعه نیز با استفاده از الگوی سولو رابطه بین محدودیت‌های منابع طبیعی و زمین بر رشد اقتصادی بلند مدت ایران مورد بررسی قرار گرفته شده است.

الگوی سولو نقطه آغاز تمامی تحلیل‌های رشد است. حتی الگوهایی که اساساً با آن تفاوت دارند را می‌توانیم با مقایسه با این الگو، بهتر درک کنیم. در الگوی سولو چهار متغیر در نظر گرفته می‌شوند: تولید ( $Y$ )، سرمایه ( $K$ )، نیروی کار ( $L$ ) و دانش فنی یا کارایی نیروی کار ( $A$ ). در هر زمان  $t$ ، اقتصاد مقداری از این متغیرهای مستقل را در دسترس دارد و با ترکیب این نهاده‌ها کالا تولید می‌کند. در الگوی سولو تابع تولید شکل زیر را دارد<sup>(۴)</sup>.

$$Y(t) = F(K(t), A(t)L(t)) \quad (1)$$

نتیجه گیری اصلی الگوی سولو این است که انباشت سرمایه فیزیکی نمی‌تواند رشد فوق‌العاده در تولید سرانه یا تفاوت‌های جغرافیایی تولید سرانه را توضیح دهد. در این الگو سایر منابع بالقوه ایجاد کننده تفاوت بین رشد کشورها یا برون‌زا در نظر گرفته شده است یا الگو آن‌ها را توضیح نمی‌دهد.

مثلاً موضوع مهم محیط‌زیست از جمله مواردی است که در مدل سولو در نظر گرفته نشده است. در این تحقیق قصد داریم با در نظر گرفتن مسئله محیط‌زیست در الگوی سولو نقش محیط‌زیست را بر روی رشد اقتصادی تحلیل کنیم.

از زمان مالتوس بسیاری بر این باورند که تأثیر محیط‌زیست بر رشد دراز مدت اهمیت دارد. برای مثال، مقدار نفت و سایر منابع طبیعی در کره زمین ثابت هستند. این بدین معنی است که هر کوششی برای افزایش تولید نهایتاً این منابع را تهی ساخته و با شکست روبرو خواهد نمود. به همین ترتیب عرضه ثابت زمین ممکن است محدودیتی برای تولید ما ایجاد کند. یا تولید روز افزون ممکن است آلودگی روزافزون محیط‌زیست را به وجود

بنابراین، حمل و نقل یک عامل مهم و تأثیرگذار برای توسعه اقتصادی به شمار می‌رود و نقش آن در فعالیت‌های تولیدی و مبادلات تجاری بین کشورها ضروری است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد با وجود تأثیر مثبت حمل و نقل بر رشد اقتصادی، رشد اقتصادی نیز حمل و نقل را افزایش می‌دهد. لذا، پیشنهاد می‌شود تأثیرات محیط‌زیستی و اجتماعی حمل و نقل مورد توجه قرار گیرد.

طرازکار و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان اثر رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست در منطقه خاورمیانه، اثر رشد اقتصادی، مصرف انرژی، ظرفیت زیستی و آزاد سازی تجاری بر ردپای اکولوژیکی مصرف به‌عنوان شاخصی از تخریب محیط‌زیست با استفاده از داده‌های پنل دوره ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۳، را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که یک رابطه مثبت و معنی دار میان ردپای اکولوژیکی و ظرفیت زیستی و یک رابطه منفی و معنی دار میان آزادسازی تجاری و ردپای اکولوژیکی وجود دارد.

### ب) مطالعات خارجی

هالکوز و پائیزانو (۲۰۱۶)<sup>(۵)</sup> در تحقیق با عنوان اقتصاد کلان محیط‌زیست به بررسی رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد بین کیفیت محیط‌زیست و رشد اقتصادی ارتباط مستقیم وجود دارد (هالکوز و پائیزانو، ۲۰۱۶).

ریسی (۲۰۰۴)<sup>(۶)</sup> در تحقیقی با عنوان کانال‌های اثرگذاری سیاست‌های محیط‌زیست بر روی رشد اقتصادی نشان داد سیاست‌های محیط‌زیست ممکن است از کانال آلودگی هوا بر روی رشد تأثیر منفی داشته باشد.

مادریا و همکاران (۲۰۰۳)<sup>(۷)</sup> در تحقیقی با عنوان محدودیت‌های سرمایه‌گذاری و تخصیص سرمایه طبیعی در طول رشد پایدار نشان دادند که نسبت انعطاف‌پذیری‌های غیرمالی باید با معکوس سهم سرمایه طبیعی به‌منظور اطمینان از رشد اقتصادی ناگهانی ثابت باشد.

تیموتی و مارتین (۲۰۱۹)<sup>(۸)</sup> در تحقیقی با عنوان رشد اقتصادی و کاهش منابع محیط‌زیست به بررسی منحنی کوزنتس پرداختند. آن‌ها آلودگی را ملاکی برای کاهش منابع محیط‌زیست در نظر گرفتند. آن‌ها با استفاده از روش OLS و ARDL برای ۲۴ کشور توانستند منحنی کوزنتس را تایید کنند.

پهلوانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تأثیر تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت محیط‌زیست پرداخته‌اند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای تجارت باز، تولید ناخالص داخلی، جمعیت شهرنشین، مصرف انرژی و شاخص آلودگی هوا برقرار است. در حالت کوتاه‌مدت، متغیر جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی بالاترین تأثیرگذاری را بر میزان تولید SO<sub>2</sub> داشته و در بلندمدت نیز سرانه مصرف انرژی بالاترین تأثیر را بر آلودگی SO<sub>2</sub> داشته است.

بهبودی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی فرضیه کوزنتس در اقتصاد ایران پرداخته‌اند. آن‌ها در تحقیق با عنوان بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای نفتی نشان دادند در این کشورها، فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس تأیید می‌شود.

هادیان و میرهاشمی (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان منابع طبیعی و رشد اقتصادی به بررسی نظریه فشار بزرگ در ۱۶ کشور در حال توسعه پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد رونق منابع طبیعی در برخی کشورها باعث رشد اقتصادی شده است.

احمدیان و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه خود به استخراج منحنی EKC پرداخته‌اند. در این پژوهش با در نظر گرفتن یک اقتصاد بسته، یک بخش از سرمایه برای تولید کالا استفاده می‌شود که موجب تولید آلودگی و تخریب محیط‌زیست می‌شود. سرمایه باقی مانده به‌منظور کاهش آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل پیشنهاد می‌کند که اقتصاد باید یک بخشی از سرمایه خود را برای جلوگیری و کاهش فعالیت‌های مخرب محیط‌زیست تخصیص دهد. به‌علاوه تخریب محیط‌زیست در هر مرحله‌ای رخ می‌دهد.

کهنسال و بهرامی (۱۳۹۸) در تحقیقی با عنوان ارزیابی رابطه مصرف انرژی و آلودگی با رشد اقتصادی در راستای سیاست‌های کلی محیط‌زیست نشان دادند در بلندمدت از بین متغیرهای مورد بررسی، رشد اقتصادی دوره‌ی گذشته، صادرات و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بیشترین تأثیر را بر تولید ناخالص داخلی دارند و رشد اقتصادی و صادرات بیشترین اثرگذاری بر میزان انتشار کربن دی اکسید را خواهند داشت.

کلانتر زاده و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین حمل و نقل، رشد اقتصادی و محیط‌زیست در کشورهای منتخب منا پرداختند. آن‌ها معتقدند گسترش بخش حمل و نقل از الزامات رشد اقتصادی است و بدون توسعه زیرساخت‌های بخش حمل و نقل، رشد مداوم و مستمر اقتصادی ممکن نیست.

درصدی از تولید که به سرمایه‌گذاری اختصاصاً می‌یابد،  $s$  ثابت و برون‌زاست و یک واحد محصول که به سرمایه‌گذاری اختصاص داده می‌شود یک واحد سرمایه جدید ایجاد می‌کند. علاوه بر این، سرمایه موجود با نرخ  $\sigma$  مستهلک می‌شود. بنابراین:

$$\dot{K}(t) = sY(t) - \sigma K(t) \quad (۶)$$

چون مقدار زمین ثابت است در درازمدت مقدار مورد استفاده در تولید نمی‌تواند رشد کند. بنابراین فرض می‌کنیم:

$$\dot{T}(t) = 0 \quad (۷)$$

به همین ترتیب، این واقعیت که میزان منابع ثابت است و منابع در تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند بدین معنی است که مقدار آن‌ها نهایتاً کاهش می‌یابد. بدین ترتیب، اگر چه استفاده از منابع افزایش یافته فرض می‌کنیم که:

$$\dot{R}(t) = -bR(t) \quad b > 0 \quad (۸)$$

حال سؤالی که در اینجا مطرح است، این است که، آیا در این شرایط یک مسیر رشد متعادل برای اقتصاد وجود دارد؟ اگر وجود دارد متغیرهای اقتصاد چه نرخ رشدی روی این مسیر خواهند داشت.

با توجه به فروض  $A, R, L, T$  و هر کدام با نرخ ثابتی رشد می‌کنند. بدین ترتیب برای آن که اقتصاد بر روی مسیر رشد متعادل قرار بگیرد کافی است  $K$  و  $Y$  با نرخ ثابتی رشد کنند.

### حل مدل

با تقسیم رابطه (۶) بر  $k(t)$  نرخ رشد سرمایه به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{\dot{K}}{K(t)} = s \frac{Y(t)}{K(t)} - \sigma \quad (۹)$$

برای آن که نرخ رشد  $K$  ثابت باشد باید  $\frac{Y}{K}$  ثابت باشد. یعنی باید نرخ رشد  $Y$  و  $K$  با هم برابر باشد.

برای یافتن این که این امر چه زمانی اتفاق می‌افتد از طرفین رابطه (۳) مشتق می‌گیریم.

$$\ln Y(t) = \alpha \ln K(t) + \beta \ln R(t) + \gamma \ln T(t) + (1 - \alpha - \beta - \gamma) [\ln A(t) + \ln L(t)] \quad (۱۰)$$

مشتق می‌گیریم.

$$g_Y(t) = \alpha g_K(t) + \beta g_R(t) + \gamma g_T(t) + (1 - \alpha - \beta - \gamma) [g_A(t) + g_L(t)] \quad (۱۱)$$

همان‌گونه که از موارد فوق مشخص است در تحقیقات داخلی محدودیت محیط‌زیست از جمله موجودی سوخت‌های فسیلی و زمین مورد بررسی قرار نگرفته است و این موضوع در نوع خود کم نظیر است و به‌عنوان نوآوری این مقاله مطرح است. علاوه بر این روش به کار گرفته شده در مقالات فوق‌الذکر روش اقتصادسنجی است در حالی که مقاله حاضر تلاش می‌کند با استفاده روش بهینه‌یابی پویا در اقتصاد ریاضی به مسیر رشد متعادل دست پیدا کند.

### ۴- تشریح مدل

در این تحقیق از روش بهینه‌یابی پویا استفاده می‌شود. در این روش تابعی هدف با توجه به متغیرهای وضعیت و کنترل و تابع محدودیت‌ها بهینه‌سازی می‌شود. در این اینجا رشد اقتصادی  $Y(t)$  در حالی که تابع سرمایه‌های فیزیکی و سرمایه‌های انسانی است به عنوان تابعی هدف مورد استفاده قرار گرفته است.

برای بهینه‌سازی با روش بهینه‌یابی پویا سه تکنیک وجود دارد. ۱. روش حساب تغییرات، ۲. روش معادله اولر ۳. روش هامیلتونین.

با توجه به این که در این مدل از بهینه‌یابی مقید استفاده شده است و رشد اقتصادی بهینه با توجه به محدودیت زمین و منابع فسیلی مورد توجه قرار گرفته شده است از تکنیک هامیلتونین استفاده شده است.

با در نظر گرفتن تابع تولید به شکل کاپ داگلاس و تابع رشد رومر داریم:

$$Y(t) = K(t)^\alpha R(t)^\beta T(t)^\gamma [A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta-\gamma} \quad (۳)$$

که در آن:

$$\alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0 \quad \alpha + \beta + \gamma < 1 \quad (۴)$$

$$\dot{L}(t) = nL(t) \quad (۴)$$

$$\dot{A}(t) = gA(t) \quad (۵)$$

یعنی نیروی کار با نرخ  $n$  و نیروی کار مؤثر با نرخ  $g$  رشد می‌کنند. تولید بین مصرف و سرمایه‌گذاری توزیع می‌شود.

با توجه به این نکته که مشتق گرفتن نسبت به زمان، از یک متغیر لگاریتمی، برابر نرخ رشد است از رابطه بالا، نسبت به زمان

که در آن  $g$  معرف نرخ رشد متغیرها است.

جدول (۱): نرخ رشد متغیرها (مأخذ: یافته‌های تحقیق)

$g_Y$ نرخ رشد اقتصاد	$g_k$ نرخ رشد سرمایه	$g_R$ نرخ رشد منابع (-b)
$g_T$ نرخ رشد زمین (۰)	$g_A$ نرخ رشد نیروی کار مؤثر (g)	$g_L$ نرخ رشد نیروی کار (n)

می‌تواند با وجود وجود محدودیت منابع باعث مثبت شدن رشد اقتصادی گردد. اگر اثر پیشرفت فنی بزرگتر از اثر بازدارنده منابع و زمین باشد، در این صورت رشد مداوم تولید می‌تواند وجود داشته باشد.

### حل مدل

در مدل‌های ریاضی برای دستیابی به نتایج کمی و قابل استفاده در اقتصاد از کالیبراسیون استفاده می‌شود و سپس با کمک تحلیل حساسیت تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تحلیل می‌گردد. جدول زیر داده‌های اولیه برای مدل را نشان می‌دهد.

با جایگذاری مقادیر رشد متغیرها در رابطه ۱۱ داریم:

(۱۲)

$$g_Y(t) = \alpha g_k(t) - \beta b + \gamma g_T(t) + (1 - \alpha - \beta - \gamma)(n + g)$$

در مسیر رشد متعادل باید رشد سرمایه و تولید برابر باشند. پس:

$$g_Y^{bgp}(t) = \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)(n + g) - \beta b}{1 - \alpha} \quad (۱۳)$$

که در آن  $g_Y^{bgp}$  معرف نرخ رشد  $Y$  در مسیر رشد متعادل است.

رابطه (۱۳) نشان می‌دهد که محدودیت منابع می‌تواند رشد

اقتصادی روی مسیر بلند مدت و متعادل را منفی کند. یعنی

محدودیت منابع و زمین می‌تواند نهایتاً باعث کاهش تولید شود.

علاوه بر این رابطه بالا نشان می‌دهد تکنولوژی و پیشرفت فنی

جدول (۲): کالیبراسیون متغیرها (مأخذ: اسلاملوئیان و همکاران، ۱۳۹۲)

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$n$	$g$	$b$
کشش تولیدی سرمایه	کشش تولیدی منابع فسیلی	کشش تولیدی زمین***	نرخ رشد جمعیت*	نرخ رشد نیروی کار مؤثر	نرخ برداشت از منابع
۰/۳	۰/۲۵	۰/۲	۱/۱	۰/۳۷	۰/۰۰۶۴

\*مرکز آمار ایران \*\* طبق فرض مجموع کشش تولیدی زمین، منابع طبیعی و سرمایه کوچک‌تر از یک در نظر گرفته می‌شود.

در مسیر شرد متعادل خواهیم داشت:

با جایگذاری اعداد فوق در رابطه تعادلی مربوط به رشد اقتصادی

$$g_Y^{bgp}(t) = \frac{(1 - \alpha - \beta - \gamma)(n + g) - \beta b}{1 - \alpha}$$

$$= \frac{(1 - 0.3 - 0.25 - 0.2)(1 + 0.37) - (0.4 \times 0.0064)}{1 - 0.4} = \frac{0.36494}{0.6} = 0.608$$

### تحلیل حساسیت رشد اقتصادی نسبت به متغیرها

#### کشش تولید نسبت به سرمایه

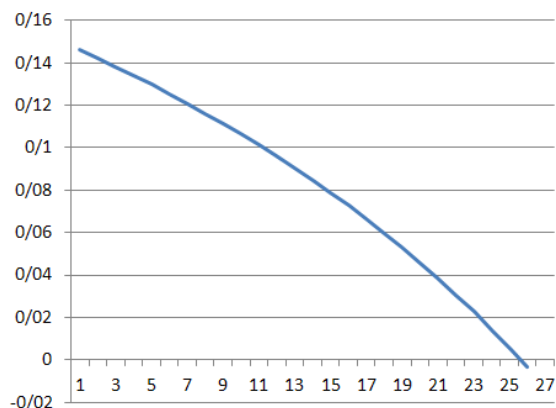
با افزایش کشش تولید سرمایه در اقتصاد ایران متناسب با قید  $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0, \alpha + \beta + \gamma < 1$  افزایش حساسیت تولید نسبت به سرمایه فیزیکی محدود کننده رشد است و با ثابت بودن سایر شرایط رشد را محدود می‌کند و برعکس.

در شرایط کالیبراسیون جدول (۲) محدودیت‌های منابع و زمین مانع رشد نیستند اما میزان رشد در مسیر رشد متعادل مقدار زیادی نیست.

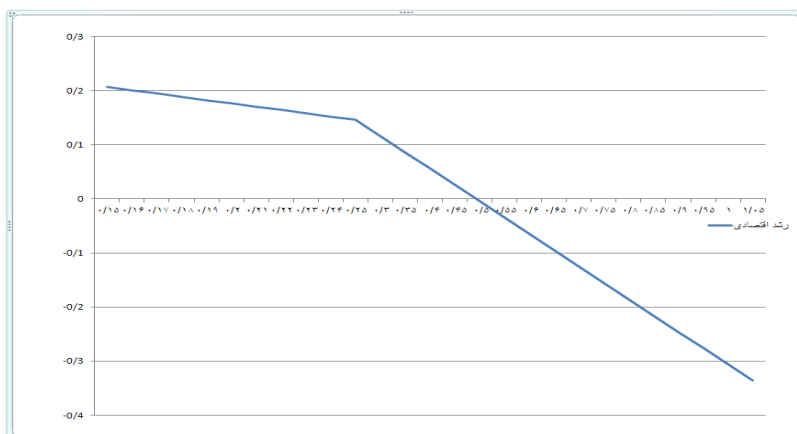
طبیعی است با تغییر مقادیر متغیرهای مؤثر در مدل، میزان رشد اقتصادی در مسیر رشد متعادل و همچنین نقش محدودیت‌ها در رشد تغییر می‌کنند. در ادامه با تحلیل حساسیت به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

### کشش تولید نسبت به منابع فسیلی

با افزایش کشش تولید نسبت به منابع فسیلی رشد کاهش می‌یابد و برعکس. به این معنی که افزایش فشار بر منابع فسیلی محدودکننده رشد خواهد بود. چنانچه کشش تولید نسبت به منابع فسیلی از  $0/25$  شروع به افزایش کند تولید را کم می‌کند و چنانچه از عدد  $0/45$  بیشتر شود رشد را منفی خواهد نمود. به این معنی که اگر برای افزایش تولید به اندازه یک درصد به افزایش تقاضا برای منابع فسیلی به اندازه  $0/45$  درصد نیاز باشد رشد اقتصادی منفی خواهد شد.



نمودار (۱): تأثیر افزایش حساسیت تولید نسبت به سرمایه فیزیکی بر رشد اقتصادی محور عمودی: رشد. واحد درصد، محور افقی: کشش تولید نسبت به سرمایه

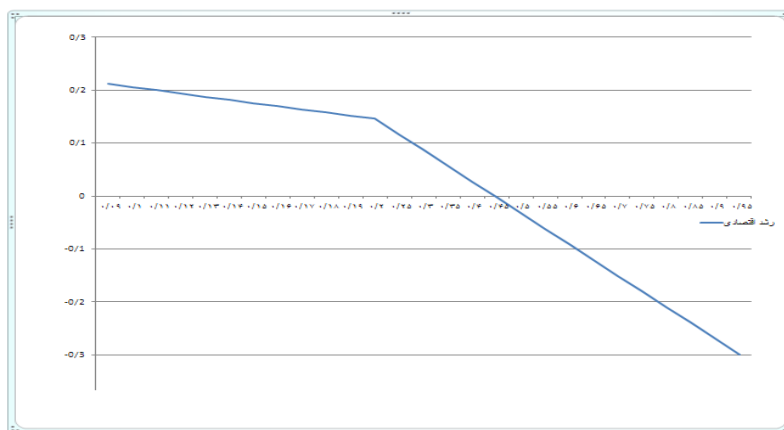


نمودار (۲): تأثیر افزایش کشش تولید نسبت به منابع فسیلی بر رشد اقتصادی محور عمودی: رشد (درصد)، محور افقی: کشش تولید نسبت به منابع فسیلی

### حساسیت تولید نسبت به زمین

فسیلی  $0/25$  است افزایش کشش زمین از  $0/2$  تا  $0/4$  محدود کننده رشد نیست اما اگر حساسیت تولید نسبت به زمین به بیش از  $0/4$  برسد رشد اقتصادی منفی خواهد شد.

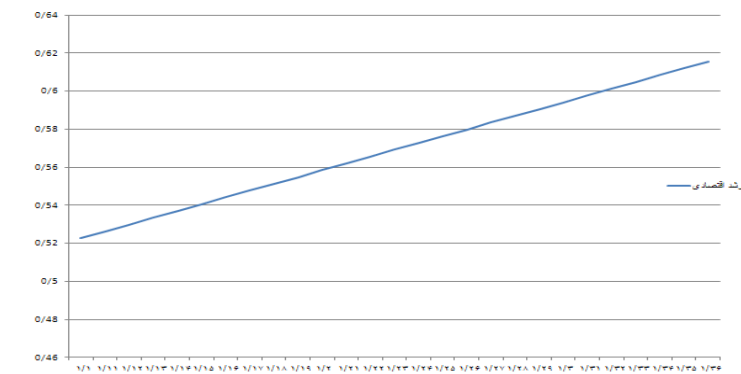
نقش محدودیت زمین بر روی رشد بسیار مهم است. تا زمانی که کشش تولید نسبت به سرمایه  $0/3$  و کشش تولید نسبت به منابع



نمودار (۳): تأثیر افزایش حساسیت تولید نسبت به زمین بر رشد اقتصادی محور عمودی: رشد اقتصادی (درصد)، محور افقی: حساسیت تولید نسبت به زمین

## حساسیت رشد اقتصادی نسبت به نرخ رشد جمعیت و نرخ رشد نیروی کار مؤثر

نرخ رشد جمعیت تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی دارد. لذا با افزایش نرخ رشد جمعیت محدودیت‌های مربوط به منابع قابل رفع است. نمودار زیر گویای این موضوع است.

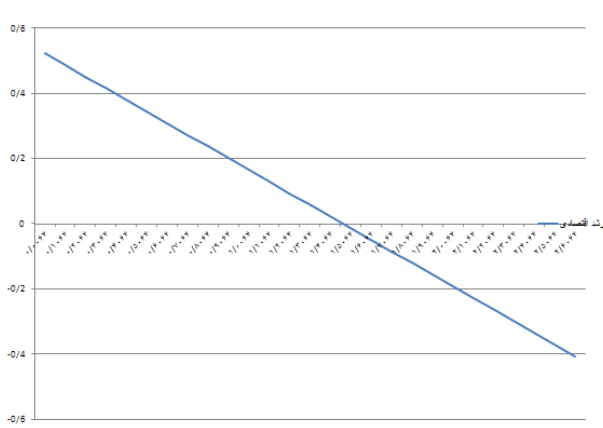


نمودار (۴): تأثیر افزایش نرخ رشد جمعیت و نرخ رشد نیروی کار مؤثر بر رشد اقتصادی  
محور عمودی: رشد اقتصادی (درصد)، محور افقی: نرخ جمعیت (درصد)

## حساسیت رشد نسبت به نرخ برداشت از منابع

رشد اقتصاد نسبت به نرخ برداشت از منابع بسیار حساس است. نرخ برداشت از منابع بر روی رشد تأثیر منفی و بازدارنده شدیدی دارید. نمودار زیر نشان می‌دهد با افزایش نرخ برداشت رشد کم

شده و با توجه به سطح رشد جمعیت، نیروی کار مؤثر و کشش تولید نسبت به منابع فعلی اگر نرخ برداشت از ۰/۰۰۶۴ به ۱/۴ درصد در یک دوره یک‌ساله برسد نرخ رشد اقتصادی منفی خواهد شد.



نمودار (۵): تأثیر افزایش نرخ برداشت از منابع بر رشد اقتصادی  
محور عمودی: رشد اقتصادی (درصد)، محور افقی: نرخ برداشت از منابع (درصد)

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در جریان رشد اقتصادی، محدودیت‌های منابع، اعم از طبیعی و غیرطبیعی یک عامل بازدارنده است. در این مقاله تأثیر محدودیت‌های محیط‌زیستی در ایران شامل زمین و منابع فسیلی بر روی رشد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان

می‌دهد کشش تولید نسبت به منابع فسیلی از کشش تولید نسبت به زمین بیشتر است هر چند که این فرضیه تأیید می‌شود که در اقتصاد ایران موجودی نفت و زمین بر روی تولید تأثیر دارند و به‌عنوان یک عامل یاز دارنده مطرح هستند. این یافته با نتایج تحقیق بهبودی و سجودی (۱۳۹۰) مرتبط است. یافته‌های مقاله



و نفت خیز بودن است. بی شک این اعداد در سایر کشورها بسیار کمتر و حساسیت تولید نسبت به آن‌ها بسیار بیشتر است. زیرا ضرایب مربوط به زمین و منابع فسیلی در تابع تولید تا حدود ۴۰ درصد همچنان منفی کننده رشد نیستند.

نرخ برداشت ذخایر فسیلی نیز یک عامل محدود کننده رشد است. بر اساس کالیبراسیون این نرخ ۰/۰۴۶ در نظر گرفته شده است. افزایش آن رشد در بلند مدت را محدود می‌کند و دلیل آن افزایش قیمت سایه منابع در بلند مدت و تأثیر آن بر رشد می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این مقاله اقدامات زیر توصیه می‌شود.

۱. با وجود این که ایران کشوری نفت خیز است باید شدت مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف تولیدی آن مدیریت و کنترل شود. زیرا در بلند مدت این وابستگی محدودکننده رشد است.

۲. علاوه بر لزوم کنترل شدت مصرف سوخت‌های فسیلی، میزان وابستگی به این سوخت‌ها که در مدل‌ها با عنوان کشش عوامل فسیلی وجود داشت باید کاهش یابد. چرا که یافته‌ها نشان می‌دهد میزان وابستگی خود باعث مصرف بیشتر این منابع خواهد شد.

۳. در مورد زمین به دلیل پهناور بودن جغرافیای سرزمینی ایران نگرانی‌ها کمتر است اما تأثیر محدودیت زمین کاملاً در مدل مشهود است. لذا تخصیص زمین به فعالیت‌های صنعتی باید کاملاً متناسب با نیاز باشد و سوء استفاده از مجوزهای صنعتی برای دستیابی به سطوح زیادی از زمین، زمان رسیدن به محدودیت‌های زمین در رشد را کوتاه تر می‌کند.

#### یادداشت‌ها

1. Environmental Kuznets Curve
2. Grossman and Krueger(1991); Shafik and Bandyopadhyay(1992); Panayotou(1993)
3. Grossman and Krueger(1991)
۴. اقتصاد کلان، رومر، ترجمه مهدی تقوی، انتشارات دانشگاه آزاد، صفحه ۱۹۵.
5. Halkos & Paizanos,
6. Ricci
7. José Manuel Madeira Belbute
8. Timothy & Martin

مذکور نشان می‌دهد آلودگی محیط‌زیست با رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. که این امر نشان‌دهنده حساسیت رشد به استفاده از سوخت‌های فسیلی است.

کشش زمین در ایران بر اساس کالیبراسیون ۰/۲ در نظر گرفته شده است. به این معنی که برای افزایش تولید به اندازه یک درصد، نیاز به زمین ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد. چنانچه حساسیت تولید نسبت به زمین از ۰/۲ فراتر رود رشد اقتصادی محدود می‌شود اما تا زمانی که به ۰/۴ نرسد منفی نخواهد بود. این دستاورد نشان می‌دهد لازم است در فرایند تولید از حداقل زمین استفاده گردد و سرانه زمین در فرایند تولید کنترل شده و متناسب با نیاز فرایند تولید تخصیص داده شود. مقایسه این نتیجه با عملکرد فعلی نشان می‌دهد برخی اوقات فرایندهای تولید پوشش و بهانه‌ای برای دریافت زمین است و این در بلند مدت و حتی شرایط فعلی تأثیرات منفی خود بر رشد را خواهد گذاشت. نتایج حاصل از این موضوع با یافته‌های تحقیق جعفری صمیمی و احمدپور (۱۳۹۰) مطابقت دارد. آن‌ها رابطه بین شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته را مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد در کشورهای توسعه یافته، رشد اقتصادی بر عملکرد محیط‌زیست تأثیر منفی دارد، به گونه‌ای که در بازه زمانی مورد بررسی، افزایش رشد اقتصادی در این کشورها، منجر به تخریب محیط‌زیست یا کاهش کیفیت محیط‌زیست می‌شود و شاید یکی از دلایل این امر حساسیت تولید و رشد اقتصادی نسبت به زمین باشد.

کشش منابع فسیلی در ایران بر اساس کالیبراسیون ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است. به این معنی که با افزایش تولید به اندازه یک درصد ۰/۲۵ درصد به تقاضای منابع فسیلی در کشور افزوده خواهد شد. چنانچه کشش تولید نسبت به منابع فسیلی از ۰/۲۵ شروع به افزایش کند تولید را کم می‌کند و چنانچه از عدد ۰/۴۵ بیشتر شود رشد را منفی خواهد نمود. به این معنی که اگر برای افزایش تولید به اندازه یک درصد به افزایش تقاضا برای منابع فسیلی به اندازه ۰/۴۵ درصد نیاز باشد رشد اقتصادی منفی خواهد شد. لذا لازم است بهره‌وری تولید در بخش منابع فسیلی کنترل و کاهش یابد تا در کشور ما موجب محدودیت نگردد.

حساسیت پائین تولید نسبت به زمین و منابع فسیلی در ایران به دلیل وسعت زمین‌های قابل استفاده و با کیفیت (پهناوری کشور)

## منابع

- احمدیان، م.؛ عبدلی، ق.؛ جبل‌عاملی، ف.؛ شعبان‌خواه، م. و خراسانی، س.ع. (۱۳۹۶) اثر تخریب محیط‌زیست بر رشد اقتصادی (شواهدی از ۳۲ کشور در حال توسعه)، فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۷، تابستان ۹۶، ۱۷-۲۸.
- احمدیان، م.؛ عبدلی، ق.؛ جبل‌عاملی، ف.؛ شعبان‌خواه، م. و خراسانی، س. ع. (۱۳۹۸). استخراج منحنی پویای محیط‌زیست کوزنتس. اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی)، ۱۶(۲)، ۱-۳۶.
- اسلاملوئیان، ک.؛ هراتی، ج.؛ استاذزاد، ع. ح. (۱۳۹۲) بررسی ارتباط پویای محصول و آلودگی در چارچوب یک مدل رشد: آزمون فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس برای اقتصاد ایران، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، سال دوم، شماره ۷، ۱۹۷-۱۷۱.
- بهبودی، د. و سجودی، س. (۱۳۸۹)، محیط‌زیست و رشد اقتصادی پایدار، مطالعه موردی ایران. فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۲، زمستان ۸۹، ۱۸-۱.
- بهبودی، د.؛ برقی گل‌دانی، اس. و ممی‌پور، س. (۱۳۹۳) بررسی تأثیر رشد اقتصادی بر آلودگی محیط‌زیست در کشورهای نفتی، فصلنامه اقتصاد کلان، دوره ۲، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۹۳، ۱۲-۱.
- پهلوانی، م.؛ دهباشی، م. و مرادی، ا. (۱۳۹۳)، بررسی رابطه توسعه تجارت و رشد اقتصادی با کیفیت محیط‌زیست در ایران، مجله تحقیقات اقتصادی، دوره ۴۹، شماره ۳، ۴۶۳-۴۸۲.
- جعفری صمیمی، ا. و احمدپور س. م. (۱۳۹۰)، بررسی رابطه شاخص عملکرد محیط‌زیست و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب توسعه یافته، اقتصاد محیط‌زیست و انرژی، سال اول زمستان ۱۳۹۰ شماره ۱، ص ۷۲-۵۵.
- چراغی، ب.؛ ترابی، ت.؛ محمدی، ت. و تقوی، م. (۱۳۹۸). "بررسی عوامل عدم تحقق رشد اقتصادی پایدار از منظر سرمایه اجتماعی در اقتصاد ایران". فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۹، شماره ۳۴، ۹۸-۷۷.
- رومر، اقتصاد کلان پیشرفته، (۱۳۸۸). ترجمه مهدی تقوی انتشارات دانشگاه آزاد.
- طرازکار، م. ح.؛ کارگر ده‌بیدی، ن.؛ اسفنجاری‌کناری، ر. و قربانیان، ع. (۱۳۹۹). اثر رشد اقتصادی بر تخریب محیط‌زیست در منطقه خاورمیانه: کاربرد ردپای اکولوژیکی. محیط‌زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، ۷۳(۱)، ۷۷-۹۰.
- کلانترزاده، م.؛ زندی، ف.؛ خضری، م. و صفوی، ب. (۱۴۰۰). رابطه بین حمل و نقل، رشد اقتصادی و محیط‌زیست در کشورهای منتخب. منا. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳(۲)، ۱۷۳-۱۹۶.
- کهن‌سال، م. ر. و بهرامی‌نسب، م. (۱۳۹۸). ارزیابی رابطه مصرف انرژی و آلودگی با رشد اقتصادی در راستای سیاست‌های کلی محیط زیست. سیاست‌های راهبردی و کلان، ۷(۴) (پیاپی ۲۸)، ۵۰۰-۵۲۴.
- Aghion, P. & P. Howitt, 1998. "Endogenous Growth Theory", Cambridge, MA: MIT Press
- D'Arge, Ralph C. 1971. "Essay on Economic Growth and Environmental Quality", The Swedish Journal of Economics, Vol. 73 (1):25-41.
- Forster, B. A. 1973. "Optimal Capital Accumulation in A Polluted Environment", Southern Economic Journal, Vol.39, 544-54.
- Forster, B. A. 1972. "A Note on Economic Growth and Environmental Quality", The Swedish Journal of Economics, June, 281-285.
- Francesco, R, 2004. "Channels of Transmission of Environmental Policy to Economic Growth: A Survey of the Theory," Working Papers 2004.52, Fondazione Eni Enrico Mattei.

- Grossman, G. & Kreuger, A. 1991. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. Paper prepared for the Conference on United States-Mexico
- Halkos, George E. & Paizanos, E. A. 2016. "Environmental Macroeconomics: Economic Growth, Fiscal Spending and Environmental Quality," *International Review of Environmental and Resource Economics*, now publishers, vol. 9(3-4), pages 321-362, September.
- José Manuel Madeira Belbute; João Rodrigues & Tiago Domingos & Pedro Conceição, 2003. "Constraints on Dematerialisation and Allocation of Natural Capital along a Sustainable Growth Path," *Economics Working Papers 1\_2003*, University of Évora, Department of Economics (Portugal).
- Panayotou, T. 1993. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Working Paper WP238 Technology and Employment Programme, Geneva: International Labor Office.
- Shafik & Bandyopadhyay. 1992. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence, World Bank Policy Research Working Paper, WPS 904, Washington DC: World Bank.
- Stokey, N. 1998. "Are There Limits to Growth?" *International Economic Review*, 39(1):1-31.
- Sun, G. 2004. "Pollution, Environmental Protection and Sustainable Development", *World Economic Forum*, 5, 47-58.
- Timothy, K. & Martin d, W. 2019. "Economic Growth and Environmental Degradation: Investigating the existence of the environmental Kuznets curve for local and global pollutants in South Africa," Working Papers 04/2019, Stellenbosch University, Department of Economics.

## The Impact of Environmental Constraints on Long-Term Economic Growth in Iran (Case Study: Land and Natural Resources)

Younessi, Ali<sup>1</sup>. Ghaffari, Hadi<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. Associated Professor, Department of Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran.

(Received: 2021/12/05

Accepted: 2023/01/09)

### Abstract

Economic growth, as a crucial macroeconomic variable, has consistently been the focal point of policies. It brings about various consequential changes in the economy, such as unemployment and income. Factors, both natural and unnatural that impose constraints on economic growth are of paramount significance. This paper specifically examines the impact of environmental constraints, encompassing fossil resources and land, on long-term economic growth. The study refines the solo growth model, incorporating environmental constraints, and employs dynamic optimization, calibration, and analysis methods to quantify the influence of fossil resources and land on Iran's economic growth over an extended period. According to the findings, under current inventories, the projected long-term economic growth rate for Iran stands at 6% in the first scenario, with limitations stemming from the availability of fossil and land resources imposing potential restrictions. The constraints associated with fossil and land resources are noteworthy. Should production yields from fossil resources drop to 0.45, economic growth becomes negative, and a sustained decline exacerbates long-term production. Similarly, if the production stretch reaches 0.4, long-term economic growth turns negative. Hence, effective management of land use and fossil resources emerges as a critical imperative, emphasizing the need to diminish production dependence on these inputs to foster increased economic growth.

**Key word:** The environment, fossil fuels, land, Economic Growth

JEL :O44, Q53, Q18.