

بررسی تأثیر سرریزهای فناوری بر رشد تولید سبز کشورهای منتخب در حال توسعه قاره آسیا (رهیافت اقتصادسنجی فضایی)

سیماشافی*، محمدرضا زارع مهرجردی، حسین مهرابی بشرآبادی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱

چکیده

جریان سرریزهای فناوری به کشورهای در حال توسعه در چند دهه مورد توجه قرار گرفته است چرا که این سرریزها منجر به افزایش دانش، ایجاد مزیت‌های رقابتی و ادغام‌های اقتصادی می‌گردند. با توجه به اهمیت سرریزهای فناوری این پژوهش، در قالب مدل رشد رومر به بررسی سرریزهای فناوری از دو مسیر واردات حامل دانش و جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید سبز کشورهای در حال توسعه منطقه آسیا در دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۵ و با بهره‌گیری روش اقتصادسنجی فضایی می‌پردازد. تولید سبز در این پژوهش با در نظر گرفتن استهلاك منابع طبیعی محاسبه شده است. بنا بر نتایج به دست آمده تأثیر هزینه‌های تحقیق و توسعه و سرریز فناوری از مسیر واردات حامل دانش مثبت و معنادار و تأثیر شاخص سرمایه انسانی و سرریز فناوری از مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منفی می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL: O11, O33, O32, J24

واژه‌های کلیدی: سرریزهای فناوری، سرمایه انسانی، هزینه‌های تحقیق و توسعه، تولید سبز

^۱به ترتیب دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول) دانشیار و استاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

*Email:simashafei@gmail.com

مقدمه

در حساب‌های ملی متغیرهای کلان اقتصادی شامل مصرف، سرمایه‌گذاری، پس‌انداز، دارایی‌های فیزیکی و استهلاک در نظر گرفته می‌شود اما استهلاک سرمایه‌طبیعی در این حساب‌ها منظور نمی‌شود. در سال ۱۹۹۰ تلاش‌هایی برای گسترش نظام محاسبات درآمد ملی با لحاظ کردن استهلاک منابع طبیعی انجام شد در نهایت این امر، از تولید ملی متعارف به تولید ملی سبز رسیدیم. یکی از چالش‌های مهم در اقتصاد کشورها، بهبود رشد و توسعه اقتصادی آن‌ها می‌باشد. انتشار و انتقال فناوری نقش محوری در فرآیند رشد و توسعه اقتصادی ایفا می‌کند. گسترش مباحث جهانی شدن و ارتباط متقابل کشورها منجر به انتقال فناوری پیشرفته از کشورهای توسعه یافته به سوی دیگر کشورها شده است، دسترسی کشور میزبان به فناوری کارا، ابزار حفاظت از محیط زیست را فراهم می‌کند که دسترسی به فناوری‌های پاک و دوستدار محیط زیست به بهبود کیفیت محیط زیست کمک می‌کند (لیست و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین با توجه به محدودیت‌های پیش‌روی کشورهای در حال توسعه جهت دستیابی مستقیم به فناوری‌های روز دنیا، بهرمنند شدن از سرریزهای فناوری کشورهای پیشرفته یکی از راه‌های ممکن و موثر برای انتشار فناوری‌های مدرن در کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌آید. با توجه به اینکه کشورهای در حال توسعه به‌طور عمده فناوری را وارد می‌کنند و این خود ضمن افزایش توان تولیدی و رشد اقتصادی، بهره‌برداری بیشتر از نهاده‌های زیست محیطی را به دنبال دارد. و از آنجایی که وضعیت محیط زیست در کشورهای در حال توسعه به علت عدم به‌کارگیری بهینه فناوری، بهره‌وری پایین، سطح درآمدسرا نه کمتر و... که موجب افزایش فشار به محیط زیست می‌شود، چندان مناسب نیست. بر این پایه اهمیت بررسی رابطه تعاملی بین سرریزهای تکنولوژی و تولید سبز آشکار می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع پرسش اساسی که این پژوهش درصدد پاسخگویی به آن می‌باشد این است که، نقش و تاثیر سرریزهای فناوری بر تولید سبز کشورهای منتخب در حال توسعه قاره آسیا به چه صورتی است. برای پاسخ به این پرسش، چارچوب این نوشتار به‌گونه‌ای است که پس از مقدمه در بخش دوم ادبیات موضوع، بخش سوم مواد و روش‌ها، در بخش چهارم، برآورد مدل و در بخش پایانی به بیان نتایج کلی و ارائه پیشنهادها لازم پرداخته خواهد شد.

ادبیات موضوع

در ادبیات مورد بررسی، پژوهشی که به صورت خاص تاثیر سرریزهای فناوری را بر تولید سبز کشورهای در حال توسعه مورد ارزیابی قرار دهد، یافت نشد. اما بررسی‌های پرشمار در حوزه سرریزهای فناوری و تولید سبز در داخل و خارج صورت گرفته است که به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

لی^۱ (۱۹۹۴) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که هر قدر نسبت کالاهای سرمایه‌ای وارداتی به کالاهای سرمایه‌ای تولید داخلی افزایش یابد، اثر مثبت و معنادار بر نرخ رشد درآمد سرانه کشورهای در حال توسعه خواهد داشت و افزایش واردات کالاهای سرمایه‌ای در کشورهای توسعه‌یافته مورد بررسی منجر به کاهش رشد اقتصادی آن‌ها خواهد شد. کرسپو و همکاران^۲ (۲۰۰۴) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که در کشورهای مورد بررسی، سرریزهای بین‌المللی فناوری تاثیر شایان توجهی بر رشد اقتصادی دارند و واردات به‌عنوان مهم‌ترین مسیر سرریزها معرفی کردند. مینگ یانگ و همکاران^۳ (۲۰۰۶) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که سرریزهای فناوری وابسته به موجودی سرمایه کشور میزبان و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی نسبت به واردات مسیر معتبرتر و معنی‌دارتری می‌باشد. همچنین سرمایه انسانی با افزایش ظرفیت جذب و کارآیی تحقیق و توسعه منجر به افزایش رشد اقتصادی می‌شود. جانسون^۴ (۲۰۰۶) در بررسی خود نشان داد که جریان سرمایه‌گذاری به داخل کشورها، رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته را افزایش نمی‌دهد، بلکه رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه را با سرریزهای فناوری و جریان سرمایه‌های فیزیکی افزایش می‌دهد. محمودزاده و محسنی (۱۳۸۴) در پژوهشی به بررسی تاثیر فناوری وارداتی بر رشد اقتصادی ایران پرداختند. نتایج این محققان نشان می‌دهد برای انتقال از مرحله تولید سنتی به تولید صنعتی و در مراحل توسعه اقتصادی، واردات فناوری مناسب زمینه‌ساز دگرگونی صنعتی و اجتماعی می‌باشد. آذربایجانی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی ارتباط بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی کشور ایران پرداختند. نتایج بررسی آنان نشان داد که متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تنها در

¹ Lee (1994)

² Crespo, et. Al (2004)

³ Mingyang et.al (2006)

⁴ Jonson (2006)

کوتاه مدت بر روی رشد اثر منفی و معنی داری می گذارد. تالبرس و بوهارو^۱ (۲۰۰۶) در بررسی خود به برآورد تاثیر باز بودن تجاری بر مدل های رشد تولید سبز و فاصله بین تولید ناخالص سنتی و سبز پرداختند. نتایج بیانگر یک ارتباط قوی غیرخطی منفی بین باز بودن تجاری و رشد تولید سبز و یک رابطه غیرخطی مثبت بین باز بودن تجاری و شکاف بین تولید ناخالص داخلی سنتی و سبز می باشد. موخرجی و چاکرابورتی^۲ (۲۰۱۰) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که یک رابطه معنادار غیرخطی بین عملکرد محیط زیست و سطوح درآمدی کشورها وجود دارد. این رابطه بیان می دارد که عملکرد محیط زیست کشورها در سطوح اولیه درآمدی، همگام با درآمد افزایش می یابد اما در سطوح درآمدی بالاتر، با کاهش روبه رو می شود. صادقی و سعادت (۱۳۸۳) به بررسی روابط علی بین رشد جمعیت، آلودگی زیست محیطی و رشد اقتصادی در ایران پرداختند. محققان در این بررسی، میزان استهلاک زیست محیطی را به عنوان شاخص اثرگذاری زیست محیطی در نظر گرفتند. نتایج نشان می دهد یک رابطه دو سویه بین تخریب محیط زیست و رشد اقتصادی در ایران وجود دارد. همچنین یک رابطه یک سویه از رشد جمعیت به اثرگذاری زیست محیطی وجود دارد.

روش تحقیق

در این بررسی از مدل رشد درونزا به جای مدل رشد برونزا استفاده می شود، در مدل رشد درونزا اتفاق نظر بر این مطلب است که انباشت سرمایه فیزیکی منجر به ثروت مند شدن کشورها نمی شود، بلکه سرمایه انسانی در کنار سرمایه فیزیکی قرار می گیرد و از طریق بخش تحقیق و توسعه بستری برای شکل گیری فناوری فراهم می شود. در این راستا برای بررسی سرریزهای فناوری بر تولید سبز از مدل رشد رومر استفاده می شود (رومر، ۱۹۹۰).
بر پایه مدل رشد رومر مورد برآورد به صورت زیر ارائه می شود.

$$Green\ GDP_t = f(R\&D_t, HDI_t, S_m, S_i) \quad (1)$$

در گام بعد، از همه ی متغیرهای لگاریتم گرفته می شود و رابطه (۲) به دست می آید.

$$\ln(Green\ GDP_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(R\&D_t) + \beta_2 \ln(HDI_t) + \beta_3 \ln(S_m) + \beta_4 \ln(S_i) \quad (2)$$

¹ Talberth and Bohara (2006)

² . Mukherjee and Chakraborty (2010)

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۷۹

که در آن: $Green\ GDP_t$ = تولید سبز، $R\&D_t$ = هزینه‌های تحقیق و توسعه، HDI_t = شاخص توسعه انسانی، S_m = سرریزهای فناوری به دست آمده از مسیر واردات حامل دانش و S_i = سرریزهای فناوری به دست آمده از مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی است.

محاسبه و تعریف تولید سبز

تولید سبز یک نظام توسعه یافته محاسبه GDP از روش SNA است و تنها تفاوت آن در پیرنگ کردن دو مسئله است:

- ۱- سهم منابع طبیعی به عنوان یک نهاد در رشد و توسعه اقتصادی
- ۲- هزینه‌های ناشی از آلودگی (کاهش کیفیت و ارزش منابع طبیعی)

بنابراین به تولید سبز به عنوان یک شاخص رفاه نگریسته می‌شود که کیفیت رشد اقتصادی را در حالت توسعه مطلوب نشان می‌دهد. روش‌شناسی تولید سبز را به صورت نظری می‌توان به سه روش تقسیم کرد (تامپایالی و همکاران، ۱۹۹۷):

الف- تولید سبز بر پایه کاربرد منابع

ب- تولید سبز بر پایه کاهش ارزش منابع (کاهش کیفیت منابع طبیعی، آلودگی آب و هوا و ...)

ج- تولید سبز بر پایه هزینه‌های حمایت از محیط زیست و کنترل آلودگی

در این بررسی تولید سبز بر پایه روش دوم و با در نظر گرفتن استهلاك منابع طبیعی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$GreenGNP = GNP - D_M - D_N \quad (3)$$

که در آن: DN استهلاك منابع طبیعی و DM استهلاك سرمایه ساخت انسان می‌باشد و شرط کافی مستلزم این است که سرمایه ساخت انسان بتواند جایگزین سرمایه‌ی طبیعی شود.

محاسبه و تعریف سرریزهای فناوری

سرریز فناوری نوعی پیامد خارجی است که از این طریق دانش پیشرفته از کشور خارجی به کشور داخلی راه پیدا می‌نماید. به عبارت دیگر سرریز فناوری، سرریز دانش فنی و اطلاعاتی است که می‌تواند به محصول تجاری تبدیل گردند. سرریزهای فناوری از مسیرهای مختلفی وارد کشور می‌شوند از جمله:

الف) مسیر واردات

ب) مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی

بررسی‌های انجام شده از شاخص‌های متفاوتی برای محاسبه سرریزهای فناوری استفاده کرده‌اند که در این بین بنا بر کارهای کرسپو و همکاران (۲۰۰۴)، سینایی و میر (۲۰۰۴) و مینگ‌یانگ و همکاران (۲۰۰۶) شاخص‌های سرریز را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد.

$$S_{it} = \sum_{j \neq i}^0 m_{ijt} \frac{R\&D_{jt}}{Y_{jt}} \quad (۴)$$

که در آن: m_{ijt} واردات کشور j (هرکدام از کشورهای صاحب فناوری) به کشور i (ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه)، Y_{jt} تولید ناخالص ملی GDP کشور j و $R\&D_{jt}$ کل هزینه تحقیق و توسعه در کشور j می‌باشد.

$$S_{it} = \sum_{j \neq i}^0 \frac{FDI_{ijt}}{FDI_{it}} R\&D_{jt} \quad (۵)$$

که در آن: FDI_{ijt} سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی صورت گرفته از سوی کشور j (هرکدام از کشورهای صاحب فناوری) به کشور i (ایران و کشورهای منتخب در حال توسعه)، FDI_{it} کل سرمایه‌گذاری مستقیم صورت گرفته در کشور i می‌باشد.

همچنین برای انجام برآورد، کشورهای آسیایی از جمله کره جنوبی، چین، سنگاپور که بنا بر گزارش رقابت‌پذیری منتشر شده بانک جهانی سال ۲۰۱۳-۲۰۱۲ به عنوان کشورهای نوآوری محور شناخته می‌شوند و از سوی دیگر، کشورهای توسعه یافته گروه $G-7$ به علت دارا بودن بالاترین میزان تولید

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۸۱

ناخالص داخلی، قادر به صادرات کالاها با قیمت‌های رقابتی و بالاترین سطح فناوری در بازارهای بین‌المللی می‌باشند و بیشترین نهاده تحقیق و توسعه در میان کشورهای OECD، متعلق به گروه G-7 است^۱ (مینگ یانگ و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین این کشورها به عنوان صاحبان تکنولوژی و منبع سرریز در نظر گرفته می‌شوند. در این راستا داده‌های مورد نیاز هر دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۵ از سایت بانک جهانی، آنکتاد^۲ و OECD استخراج شده‌اند تا به کمک آن‌ها بتوان سرریزهای فناوری را محاسبه و تاثیر آن را بر تولید سبز بررسی و ارزیابی کرد.

معرفی اقتصادسنجی فضایی

وجه تمایز اقتصادسنجی فضایی از اقتصادسنجی مرسوم در به‌کارگیری داده‌هایی است که از نظر مکانی به یکدیگر وابسته می‌باشند. هنگامی که داده‌های نمونه‌ای دارای جزء مکانی هستند دو مسئله رخ خواهد داد: ۱. وابستگی فضایی^۳ بین مشاهده‌ها و ۲. ناهمسانی فضایی^۴. اقتصادسنجی مرسوم تا حد زیادی این دو موضوع را نادیده می‌گیرد، این امر ممکن است به دلیل نقض فرض‌های گاوس-مارکوف^۵ استفاده شده در مدل‌های رگرسیونی رخ دهد. لذا برای استفاده از این روش نیاز به آشنایی با مفاهیم آن می‌باشد از جمله وابستگی فضایی که در مجموعه‌ای از داده‌های نمونه‌ای به این معنی است که مشاهده‌ها در مکان i وابسته به مشاهده‌های دیگر در مکان j می‌باشند. به بیان دیگر:

$$Y_{it} = f(Y_{jt}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad i \neq j \quad (6)$$

این همبستگی می‌تواند میان مشاهده‌های مختلف و اجزاء اخلاص وجود داشته باشد، به این معنا که شاخص i می‌تواند هر مقداری از $n, \dots, 1$ را اختیار کند. انتظار می‌رود اطلاعات نمونه‌ای مشاهده شده در یک نقطه از فضا وابسته به مقادیر مشاهده شده در مکان‌های دیگر باشد. وابستگی فضایی می‌بایست با قضایای اساسی علوم منطقه‌ای همخوانی داشته باشد. به این معنا که مشاهده‌های نزدیک‌تر باید منعکس‌کننده درجه وابستگی فضایی بیشتری نسبت به آن‌هایی باشد که از یکدیگر دورتر هستند. به عبارت دیگر، وابستگی فضایی و تاثیرگذاری آن بین مشاهده‌ها باید با افزایش فاصله بین مشاهده‌ها کاهش یابد (لسیج و پیس، ۲۰۰۹).

^۱ ایتالیا، آمریکا، روسیه، آلمان، فرانسه، ژاپن، انگلیس

^۲ UNCTAD

^۳ Spatial dependence or spatial autocorrelation

^۴ Spatial heterogeneity or spatial structure

^۵ Gauss-Markov

اصطلاح ناهمسانی فضایی اشاره به انحراف در روابط بین مشاهده‌ها در سطح مکان‌های جغرافیایی دارد. در اغلب موارد انتظار بر روابط گوناگون برای هر نقطه در فضا وجود دارد. به عبارت دیگر، رابطه خطی به صورت زیر است:

$$Y_{it} = X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

که در آن i بیانگر مشاهده‌های به دست آمده در $i = 1, 2, 3, \dots, n$ نقطه در فضا، X_{it} نشان‌دهنده بردار $(n \times k)$ از متغیرهای توضیحی همراه با مجموعه پارامترهای β_i مربوط به آن، Y_{it} متغیر وابسته در مشاهده یا مکان i و ε_i بیانگر خطای تصادفی در رابطه یادشده است. راه پیچیده‌تر بیان این مفهوم به صورت زیر است:

$$Y_{it} = f(X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it}) \quad (8)$$

با در نظر گرفتن این رابطه، نمی‌توان انتظار برآورد مجموعه‌ای n پارامتری از بردار β_i باتوجه به یک نمونه از مشاهده‌ها و برآورد منحصر به فردی برای هر نقطه در فضا را داشت. به طور کلی ناهمسانی فضایی نیز این فرض گاوس-مارکف که می‌گوید تنها یک رابطه خطی مشخص با واریانس ثابت بین مشاهده‌های نمونه‌ای وجود دارد را نقض کند. اما پیش از مطرح شدن مسایلی همچون ناهمسانی فضایی و وابستگی فضایی، در آغاز می‌بایست به تعیین جنبه مکانی داده‌های نمونه‌ای پرداخت. برای ترسیم مجموعه مشاهده‌های فضایی می‌توان از منابعی مانند طول و عرض جغرافیایی بهره برد. این اطلاعات افراد را قادر می‌سازند تا فاصله از هر نقطه در فضا و یا مشاهده‌های واقع در مکانی جداگانه در فضا نسبت به مشاهده‌های واقع در نقاط دیگر را محاسبه کنند. نخستین آزمون برای تشخیص خودهمبستگی فضایی در اجزاء اخلاص مدل‌های رگرسیونی، آماره موران^۱ نامیده می‌شود. این آزمون نشان‌دهنده همبستگی فضایی در اجزاء اخلاص است. آماره موران به رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I = e'We/e'e \quad (9)$$

که در آن e نشان‌دهنده اجزای اخلاص رگرسیون است. توزیع مجانبی آماره موران بر پایه باقی‌مانده‌های حداقل مربعات، با توزیع نرمال استاندارد پس از تعدیل آماره موران و کسر میانگین از آن و تقسیم بر انحراف معیار آماره همخوانی دارد.

شمار دیگری از روش‌های تقریبی برای آزمون همبستگی فضایی در اجزاء اخلاص از جمله آزمون نسبت درست‌نمایی، آزمون والد و آزمون ضریب لاگرانژ وجود دارد. آزمون نسبت درست‌نمایی که با تابع I ration اجرا می‌شود، بر پایه تفاوت بین لگاریتم درست‌نمایی مدل خطای فضایی و لگاریتم درست‌نمایی رگرسیون حداقل

¹ I-statistic

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۸۳

مربعات است. این مقدار نشان‌دهنده آماره‌ای است که دارای توزیع $\chi^2(1)$ می‌باشد. روش دیگر برای شناسایی خود همبستگی فضایی در اجزای اخلاص، آزمون والد است. آماره این آزمون نیز دارای توزیع $\chi^2(1)$ می‌باشد. روش چهارم، آزمون ضریب لاگرانژ است که بر پایه باقی‌مانده حداقل مربعات و محاسبات مربوط به ماتریس وزنی فضایی W اجرا می‌شود. آماره LM به شکل زیر است که در آن e نشان‌دهنده اجزاء اخلاص می‌باشد.

$$T = tr(W + W') * W \quad (10)$$

$$LM = (1/T)[(e'We)/\delta^2]^2 \sim \chi^2(1)$$

این آزمون با استفاده از تابع $Imerror$ اجرا می‌شود. در نهایت، آزمونی بر پایه اجزای اخلاص مدل وقفه فضایی را می‌توان برای بررسی این مطلب استفاده کرد، که آیا گنجاندن عامل وقفه فضایی منجر به حذف خودهمبستگی فضایی در اجزای اخلاص این مدل شده است یا خیر. این آزمون از چهار آزمون یادشده، از این جهت که در این آزمون قادر به وارد کردن متغیر وقفه فضایی در مدل می‌باشند، متفاوت است. بر خلاف دیگر آزمون‌ها که مبتنی بر حداقل مربعات اجزاء اخلاص هستند، آزمون وابستگی فضایی مشروط بر داشتن پارامتر غیر صفر ρ است. می‌توان این آزمون را به صورت زیر بیان کرد:

$$Y = \rho CY + X\beta + u \quad (11)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \delta^2 I_n) \quad u = \lambda Wu + \varepsilon,$$

که در آن، مقدار پارامتر λ کانون توجه این آزمون است.

در این پژوهش برای تشخیص خودهمبستگی فضایی در اجزاء اخلاص از سه آزمون موران، نسبت درست‌نمایی و والد و از دو آزمون ضریب لاگرانژ برای تشخیص مدل مناسب برای رفع خودهمبستگی فضایی استفاده می‌شود.

از جمله مدل‌های مورد استفاده در اقتصاد سنجی فضایی مدل خود رگرسیون فضایی مرتبه اول^۱ است این مدل کمترین کاربرد را در میان مدل‌های فضایی دارد. اما بیشترین کاربرد آن در شناسایی همبستگی فضایی در میان همسایه‌هاست، چرا که تنها از حاصل ضرب متغیر وابسته در ماتریس وزنی استاندارد شده^۲ استفاده می‌نماید.

$$y_{it} = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_{jt} + \varepsilon_{it} = \rho W y + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2) \quad (12)$$

^۱ Firest- order Satial Autoregressive Model (FAR)

^۲. این ماتریس از ضرب کرونکر به دست می‌آید.

مدل مختلط رگرسیون- خودرگرسیونی^۱ که این مدل تغییرهای y را به صورت یک ترکیب خطی از کشورهای مجاور همانند سری‌های زمانی خودرگرسیون^۲ توضیح می‌دهد و آنچه که در کشورهای مجاور رخ می‌دهد را با اهمیت تلقی می‌کند. در این راستا روش حداکثر درستنمایی برای برآورد پارامترهای این مدل به کار می‌رود. مدل یاد شده به صورت زیر می‌باشد:

$$y_{it} = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^k \beta_k x_{ki} + \varepsilon_{it} = \rho W y + X\beta + \varepsilon_{it} \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (13)$$

یکی دیگر از مدل‌های مطرح شده در زمینه اقتصادسنجی فضایی، مدل خطای فضایی است. در این مدل متغیر وابسته با ایجاد تکانه (شوک) در کشورهای همسایه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این مدل را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$y_{it} = \sum_{k=1}^k \beta_k x_{ki} + \varepsilon_{it} = X\beta + u_{it} \quad (14)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

و در نهایت مدل فضایی عمومی^۳ که این مدل دربرگیرنده هر دو مدل مختلط رگرسیونی-خودرگرسیونی و خطای فضایی است و به صورت زیر می‌باشد (لسیج و پیس، ۲۰۰۹)^۴.

$$y_{it} = \rho W y + X\beta + u_{it} \quad u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it}, \quad \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (15)$$

نتایج و بحث

انجام آزمون‌های موران، نسبت درستنمایی و والد

فرضیه صفر در هر سه آزمون، نبود خودهمبستگی فضایی در اجزاء اخلاص می‌باشد. شایان یادآوری است که اگر از سه آزمون مورد بررسی دو آزمون معنادار باشد خود همبستگی فضایی در اجزاء اخلاص تایید می‌شود. نتایج به دست آمده از هر سه آزمون در جدول (۱) گزارش شده است. بنابر

¹ Spatial Autoregressive Models (SAR)

² Autoregressive (AR)

³ The General Spatial Model (SAC)

⁴ LeSage & Pace, (2009)

بررسی تأثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۸۵

نتایج به دست آمده خودهمبستگی فضایی در منطقه یادشده مورد می شود. بر این پایه می توان از اقتصاد سنجی فضایی استفاده کرد.

جدول (۱) نتایج آزمون های موران، نسبت درستی و والد

آزمون	Moran I-statistic	Lratios	Walds
آماره	-۰/۰۷۷۷	۷۵/۲۲۲	۲۲۲۰/۷
احتمال	۰/۱۱۱۷	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته های تحقیق

آزمون های ضریب لاگرانژ

فرضیه صفر آزمون های $Lmerror$ و $Lmlag$ نبود همبستگی فضایی در اجزاء اخلاص و نبود وابستگی فضایی در مشاهده های متغیرهای وابسته می باشد. نتایج آزمون ها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) آزمون ضریب لاگرانژ

آزمون	Lmerror	Lmlag	Lmerror_robust	Lmlag_robust
آماره	۲/۷۶۸۲	۱۱۴/۵۳۱۵	۲۸/۶۹۳۷	۱۴۰/۴۵۷۰
احتمال	۰/۰۹۶۲	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته های تحقیق

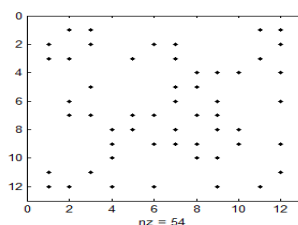
نتایج جدول گویای آن است که در منطقه یاد شده با معنادار بودن دو آزمون $Lmerror$ و $Lmlag$ نیاز به انجام دو آزمون $Lmerror_robust$ و $Lmlag_robust$ می باشد. بنابر نتایج با معنادار بودن آزمون $Lmerror_robust$ فرضیه صفر این آزمون ها مبنی بر نبود همبستگی فضایی در اجزاء اخلاص رد می شود و از سوی دیگر با معنادار بودن آزمون $Lmlag_robust$ فرضیه صفر این آزمون ها مبنی بر نبود وابستگی فضایی در مشاهده های متغیرهای وابسته رد می شود. در نتیجه برای انجام برآورد باید از مدل SAC استفاده کرد.

برآورد مدل فضایی

این منطقه منتخب از کشورهای درحال توسعه قاره آسیاست و شامل ۱۲ کشور ایران، ارمنستان، قزاقستان، مالزی، مغولستان، پاکستان، تاجیکستان، چین، هند، تایلند، ترکیه، عربستان سعودی می‌باشد.

ترسیم شکل ماتریس وزنی

برای برآورد مدل نیاز به یک ماتریس وزنی استاندارد است که بیانگر وابستگی فضایی بین کشورهای منتخب می‌باشد. بدین منظور برای تهیه این ماتریس مربعی با ابعاد $T \times T$ (T نماینده شمار مقاطع می‌باشد)، از اطلاعات طول و عرض جغرافیایی استفاده می‌شود و برای هر کشور یک سطر و یک ستون در نظر گرفته شده است تا بر پایه مختصات طول و عرض جغرافیایی، فاصله هر کشور از کشورهای همسایه‌اش تعیین شود. نمایش دوبعدی ماتریس مورد استفاده با ابعاد 12×12 برای نشان دادن ارتباط فضایی کشورهای مورد بررسی ارائه شده است.



شکل (۱) نمایش ماتریس وزنی منطقه اول

برآورد مدل FAR

نتایج به دست آمده از برآورد مدل FAR زیر در جدول (۳) نشان می‌دهند که ضریب فضایی ρ برابر با $0/9549$ است که از نظر آماری معنادار می‌باشد و بیانگر وابستگی فضایی مثبت در میان کشورها می‌باشد.

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی...۱۸۷

جدول (۳) نتایج برآورد مدل FAR

مقادیر	معیارها
-۰/۳۳۷۸	R-squared
۰/۹۵۴۹	ρ
۸۲/۸۹۷۳	Asymptot t-stat
۰/۰۰۰۰	z-probability

منبع: یافته‌های تحقیق

برآورد مدل SAC

بنابر نتایج آزمون‌ها مدل SAC در منطقه یاد شده برآورد شد. نتایج در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول (۴) نتایج برآورد مدل SAC

احتمال	آماره t	ضرایب	متغیر
۰/۰۰۰۰	۲۱/۰۸۴۱	۰/۸۰۲۰	$Ln(R\&D)$
۰/۰۰۰۰	-۵/۰۹۸۲	-۱/۵۴۷۳	$Ln(HDI)$
۰/۰۰۱۳	۳/۳۱۰۹	۰/۱۱۲۱	$Ln(S_m)$
۰/۰۲۴۳	-۲/۳۳۶۸	-۰/۰۷۸۵	$Ln(S_i)$
۰/۰۰۰۰	۲۰/۲۹۹۷	۰/۴۰۳۸	ρ
۰/۰۰۰۰	۴/۹۸۳۷	۰/۵۴۳۰	λ
	۰/۸۷۳۴	R-squared	

منبع: یافته‌های تحقیق

بنابر نتایج به دست آمده، هزینه‌های تحقیق و توسعه دارای تاثیر مثبتی بر تولید سبز است. با اینکه هزینه‌های تحقیق و توسعه در کشورهای در حال توسعه کمتر از یک درصد از تولید ناخالص داخلی را بخود اختصاص داده و این هزینه‌ها کمتر در خدمت محیط زیست بوده است. اما بدیهی است فعالیت‌های تحقیق و توسعه منجر به معرفی کالای سرمایه‌ای جدید و افزایش نوآوری‌ها و دانش پیشرفته شده و این فعالیت‌ها با الگو برداری از کشورهای توسعه یافته امکان پذیر خواهد بود. از آنجا که در دهه‌های اخیر کشورهای توسعه یافته بیشتر به مسائل محیط زیستی توجه داشته‌اند، بنابراین

این هزینه‌ها تاثیر مثبتی بر تولید سبز دارد. نتایج گویای از تاثیر منفی شاخص توسعه انسانی بر تولید سبز است. در کشورهای در حال توسعه شاخص توسعه انسانی کمتر از کشورهای توسعه یافته است همچنین منابع طبیعی فراوانی از جمله نفت و گاز در این کشورها وجود دارد از سویی این کشورها سطح درآمد پایینی داشته و فقر در آن‌ها به روشنی دیده می‌شود، در نتیجه این عامل‌ها باعث می‌شود که تخصص بالاتر و شاخص سرمایه انسانی بالاتر خود را در جهت افزایش درآمد و رشد اقتصادی بدون در نظر گرفتن محیط زیست استفاده کنند و فشارهای زیادی را به محیط زیست و بهره‌برداری از منابع محیط زیست خود داشته باشند. عامل‌های فرهنگی نیز به تاثیرگذاری منفی شاخص سرمایه انسانی کمک می‌کند. نتایج همچنین نشان‌دهنده تاثیر مثبت از سرریز فناوری مسیر واردات بر تولید سبز است، در نگاه کلی سرریز فناوری واردات حامل دانش سودمندی‌های ناشی از تجارت را به سمت هر کشور سوق می‌دهد. شایان یادآوری است که این سرریزها به کشورهای در حال توسعه از سوی کشورهای صاحب فناوری که به اهمیت محیط زیست پی برده‌اند و فناوری‌هایی در چارچوب محیط زیست تولید می‌کنند، می‌باشد و این کشورها با فراهم کردن زیرساخت‌های اساسی به منظور استفاده از فناوری و دانش نهفته در کالاهای وارداتی به همراه فعالیت‌های تحقیق و توسعه که پیشتر بیان شد به افزایش تولید سبز کمک می‌کنند. در نهایت طبق برآورد صورت گرفته تاثیر سرریز فناوری از مسیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید سبز منفی است. در اصل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی همراه با فناوری پیشرفته، سازماندهی و مدیریت برتر وارد یک کشور می‌شود. اما شایان یادآوری است کشورهای صاحب فناوری همه‌ی دانش خود را به کشورهای در حال توسعه منتقل نمی‌کنند و معمولاً فناوری‌های آلاینده و از رده خارج خود را به کشورهای در حال توسعه منتقل می‌کنند و از آنجایی که کشورهای در حال توسعه دارای منابع طبیعی فراوانی هستند این سرمایه‌گذاری در جهت سود بردن هرچه بیشتر این کشورها از منابع کشورهای در حال توسعه می‌باشد و نتیجه این سرمایه‌گذاری‌ها افزایش فشار به محیط زیست و تخریب آن در این کشورها را بدنبال خواهد داشت. به نظر می‌رسد این یافته بررسی در جهت تأیید فرضیه پناهگاه آلودگی می‌باشد. بنابر فرضیه پناهگاه آلودگی، صنایع با شدت آلودگی بالا، در حال انتقال از اقتصادهای توسعه یافته به سوی جهان در حال توسعه می‌باشند. نتایج پژوهش مانی و ویلر بیانگر نشانه‌های از پناهگاه‌های موقت آلودگی بود، همچنین آن‌ها نشان می‌دهند در دوره‌هایی

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۸۹

که مقررات محیط زیست در کشورهای در حال توسعه، سختگیرانه بوده رشد شدت آلودگی در این کشورها بیشترین مقدار را داشته است. کول و کول و فردریکسون (۲۰۰۴، ۲۰۰۹) نیز در بررسی‌های خود نشانه‌های از پناهگاه‌های آلودگی را به دست آوردند.

برآورد مدل *SDM*

نتایج به دست آمده از برآورد مدل *SDM* در جدول (۵) گزارش شده است. بنابر نتایج به دست آمده تاثیرگذاری هزینه‌های تحقیق و توسعه بر تولید سبز مثبت و تاثیر وقفه فضایی آن منفی و معنادار می‌باشد. تاثیر سرریزهای فناوری از مسیر واردات حامل دانش و وقفه فضایی آن‌ها بر تولید سبز مثبت و معنادار است. در نهایت تاثیر شاخص سرمایه انسانی و سرریز فناوری از مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری خارجی بر تولید سبز منفی است در حالی که وقفه فضایی آن‌ها مثبت و معنادار است. در میان متغیرهای توضیحی، بیشترین حساسیت تولید سبز نسبت به متغیرهای توضیحی شاخص سرمایه انسانی و هزینه‌های تحقیق و توسعه است. در میان وقفه فضایی متغیرهای توضیحی، بیشترین حساسیت تولید سبز به وقفه شاخص سرمایه انسانی و سرریز فناوری جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی می‌باشد.

جدول (۵) نتایج برآورد مدل *SDM*

متغیر	ضریب‌ها	آماره t مجانبی	احتمال Z
Constant	۹/۵۴۶۶	۱۱/۳۸۵۷	۰/۰۰۰۰
$Ln(R\&D)$	۰/۶۶۶۶	۲۲/۹۷۷۱	۰/۰۰۰۰
$Ln(HDI)$	-۰/۹۰۲۹	-۱/۴۷۳۲	۰/۱۴۲۱
$Ln(S_m)$	۰/۱۲۹۱	۵/۵۱۶۸	۰/۰۰۰۰
$Ln(S_i)$	-۰/۰۱۲۹	۰/۳۶۷۴	۰/۷۱۳۳
$W * Ln(R\&D)$	-۰/۲۰۰۳	-۲/۱۱۹۶	۰/۰۳۴۰
$W * Ln(HDI)$	۲/۲۴۷۰	۱/۸۹۱۷	۰/۰۵۸۵
$W * Ln(S_m)$	۰/۲۸۳۳	۵/۰۲۸۴	۰/۰۰۰۰
$W * Ln(S_i)$	۰/۳۸۵۲	۴/۲۸۱۴	۰/۰۰۰۰
ρ	۰/۷۲۵۹	۷/۷۰۴۱	۰/۰۰۰۰
	$R^2 = ۰/۹۳۶۶$	$\overline{R^2} = ۰/۹۳۴۲$	

منبع: یافته‌های تحقیق

با استفاده از مدل *SDM* می‌توان اثرگذاری مستقیم، سرریز و اثرگذاری کل را از یکدیگر تفکیک کرد. شایان یادآوری است که اثرگذاری مستقیم نشان‌دهنده میزان کشش جزیی تولید سبز هر کشور نسبت به متغیرهای مستقل در خود آن کشور و سرریزهای درون کشوری می‌باشد. در حالی که اثرگذاری غیرمستقیم بیانگر اثرگذاری‌های سرریزهای تجمعی بین‌المللی و کشش جزیی تولید سبز یک کشور نسبت به تغییر متغیرها در دیگر کشورهای منطقه است. نتایج تفکیک اثرگذاری مستقیم از غیر مستقیم و کل در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثرگذاری مستقیم مثبت و معنادار هزینه‌های تحقیق و توسعه بر تولید سبز به همراه اثر غیر مستقیم منفی و معنادار آن، اثرگذاری کل مثبت و معناداری را در منطقه ایجاد می‌کند، این امر نشان‌دهنده آن است که گرچه در هر کشور با تغییر هزینه‌های تحقیق و توسعه، تولید سبز افزایش می‌یابد اما تولید سبز در هر کشور به تغییر مخارج در کشورهای مجاور حساس نمی‌باشد. همچنین اثرگذاری مستقیم منفی و بی‌معنا شاخص توسعه انسانی به همراه اثر غیرمستقیم مثبت و معنادار آن، اثر کل مثبت و معناداری را در منطقه ایجاد می‌نماید. این نتایج بر پایین بودن شاخص سرمایه انسانی در این مناطق و نبود زمینه انتقال مهارت‌ها صحنه می‌گذارد. همچنین بر فرار مغزها می‌تواند اشاره کند. نتایج گویای اثرگذاری مثبت و معنادار مستقیم و غیرمستقیم سرریزهای فناوری مسیر واردات حامل دانش بر تولید سبز هر کشور و کشورهای همسایه می‌باشد. این امر گویای وجود سرریزهای درون کشوری و بین‌المللی می‌باشد. اثرات مستقیم و غیرمستقیم سرریز فناوری مسیر واردات حامل دانش تبدیل به اثرگذاری کل مثبت و معناداری در منطقه شده که بزرگتر از دو اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم است. اثر مستقیم منفی سرریز فناوری مسیر جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی با تاثیرپذیری مثبت تولید سبز هر کشور از سرریز فناوری دیگر کشورهای منطقه، اثرگذاری کل مثبت و معناداری در منطقه ایجاد شده است.

جدول (۶) نتایج تفکیک اثرگذاری‌های غیر مستقیم از اثرگذاری‌های مستقیم و کل

اثرات	متغیر	ضرایب	آماره t	احتمال
مستقیم	$Ln(R\&D)$	۰/۷۱۳۰	۲۷/۱۸۰۶	۰/۰۰۰۰
	$Ln(HDI)$	-۰/۵۹۷۲	-۱/۱۱۳۳	۰/۲۶۵۵
	$Ln(S_m)$	۰/۱۵۶۳	۶/۸۷۴۲	۰/۰۰۰۰
	$Ln(S_i)$	-۰/۰۴۷۶	-۱/۳۲۲۳	۰/۱۸۲۲

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی... ۱۹۱

ادامه جدول (۶) نتایج تفکیک اثرگذاری‌های غیر مستقیم از اثرگذاری‌های مستقیم و کل

غیر مستقیم	$Ln(R\&D)$	-۰/۲۰۴۴	-۲/۷۰۱	۰/۰۰۷۴
	$Ln(HDI)$	۲/۰۰۰۰	۱/۹۶۲۶	۰/۰۵۰۹
	$Ln(S_m)$	۰/۱۲۵۴	۲/۷۱۲۷	۰/۰۰۷۲
	$Ln(S_i)$	۰/۲۷۶۶	۴/۱۴۹۹	۰/۰۰۰۰
کل	$Ln(R\&D)$	۰/۵۰۸۵	۵/۹۴۲۴	۰/۰۰۰۰
	$Ln(HDI)$	۱/۴۰۲۸	۱/۴۷۴۳	۰/۱۴۱۸
	$Ln(S_m)$	۰/۲۸۱۷	۵/۴۴۶۹	۰/۰۰۰۰
	$Ln(S_i)$	۰/۲۲۸۹	۳/۴۳۲۳	۰/۰۰۰۷

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این بررسی، تاثیر سرریزه ای فناوری از دومسیر واردات حامل دانش و جریان ورودی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجیدر دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۵، بر تولید سبز کشورهای منتخب در حال توسعه در غالب مدل رشد رومر و با بهره‌گیری از روش اقتصادسنجی فضایی بررسی شد. بر پایه آزمون‌های مربوطه مدل SAC در منطقه یاد شده برآورد شد که نتایج بدست آمده از آن گویای تاثیر مثبت هزینه‌های تحقیق و توسعه و سرریز فناوری از مسیر واردات حامل دانش و بر تولید سبز بود همچنین نتایج گویای تاثیر منفی شاخص توسعه انسانی و سرریز فناوری از مسیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر تولید سبز بود. بنابر نتایج بدست آمده با توجه به مثبت بودن تاثیر فعالیت تحقیق و توسعه بر تولید سبز بدلیل آنکه تاسیس این موسسه‌ها برای شرکت‌ها با توجیه اقتصادی امکان‌پذیر نیست، نقش دولت‌ها در راه‌اندازی این موسسه‌ها و حمایت از آن‌ها چشمگیر بوده و ضرورت دارد. با توجه که اثرگذاری‌های فضایی هزینه‌های تحقیق و توسعه منفی می‌باشد. بنابراین، برای رفع اثرگذاری‌های منفی می‌توان پیشنهاد نمود که در این مناطق نیاز به همکاری‌های همه‌جانبه و فرامرزی هر کشور با کشورهای همسایه‌اش و کشورهای صاحب فناوری برای سرمایه‌گذاری بیشتر در بخش تحقیق و توسعه می‌باشد. با توجه به منفی بودن اثرگذاری شاخص سرمایه انسانی بر تولید سبز بایستی راهکارهایی برگزید تا بهره‌وری نیروی کار و عامل‌های تولید افزایش یابد. همچنین می‌توان بر لزوم افزایش شاخص توسعه انسانی در جهت آموزش و افزایش سطح درآمد در این کشورها و کاهش فقر تاکید کرد. همچنین

امکانات لازم برای جلوگیری از فرار مغزها بایستی فراهم شود. در کشورهای در حال توسعه بدلیل پایین بودن سطح فناوری بیشتر بر واردات فناوری متکی هستند بنابراین با توجه به تاثیر مثبت واردات حامل دانش بر تولید سبز، لذا بایستی سعی بر انتخاب شریکان تجاری با دانش و فناوری بالا نمایند و با تعدیل تعرفه کالاهای وارداتی سرمایه‌ای به صورت هدفمند امکان واردات بیشتر را فراهم ساخته و در جهت جذب و بومی کردن فناوری‌های وارداتی اقدام لازم به عمل آید.

منابع

- آذربایجانی، ک. شهیدی، آ. و محمدی، ف. (۱۳۸۸). بررسی ارتباط بین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، تجارت و رشد در چارچوب یک الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی*، ۱: ۴۷-۶۴.
- صادقی، ح. سعادت، ر. (۱۳۸۳). رشد جمعیت، رشد اقتصادی و اثرات زیست محیطی در ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۱۴۱: ۱۲-۱۶۰.
- لسیج، جیمز (۱۳۹۲) نظریه و تکنیک‌های اقتصادسنجی فضایی در نرم افزار *MATLAB*، ترجمه سید عبدالمجید جلالی اسفندآبادی، آرش جمشیدنژاد و فاطمه طالقانی، انتشارات نور علم. چاپ اول.
- محمودزاده، م. محسنی، ر. (۱۳۸۴). بررسی تاثیر تکنولوژی‌های وارداتی بر رشد اقتصادی ایران. *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، ۱۶: ۱۳۰-۱۰۳.
- Crespo, J. Martin, C. and Valazquez Francisco, J. (2004). The Role of International Technology Spillovers in the Economic Growth of the OECD Countries. *Journal of Global Economy*, 4(2): 1-18.
- Lee, J.W. (1994). Capital Goods Imports and Long-Run Growth. NBER Working Papers 4725, National Bureau of Economic Research.
- LeSage, J. & Pace, R. K. (2009). "Introduction to Spatial Econometrics", Taylor & Francis Group CRC Press, USA.
- LeSage, James and Pace, R. Kelley. (2009). Introduction to Spatial Econometrics. pp. 16-24.
- Mingyong, L. Shuijun, P. and Qun, B. (2006). Technology Spillovers, Absorptive Capacity and Economic Growth. *Journal of chin Economic Review*, 17: 300-320.
- Mukherjee, S. Chakraborty, d. (2010). Is There any Relationship Between Environment, Human Development, Political and Governance Regimes? Evidences from a Cross-Country Analysis. MPRA Paper, 19968.

بررسی تاثیر سرریزهای تکنولوژی...۱۹۳

- Romer, P.M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102.
- Sinani, E. and Meyer, K. E. (2004). Spillovers of Technology Transfer from FDI: The Case of Estonia. *Journal of Comparative Economics*, 32:445-466.
- Talberth, J. Bohara, A. K. (2006), Analysis Economic Openness and Green GDP, *Journal of Ecological Economics*, 58: 743-758.
- Thampapialli, D.J and Uhlin, H-E, (1997), Environmental Capital and Sustainable Income: Basic Concepts and Empirical Tests. *Cambridge Journal of Economics*, 21: 379-394.