فصلنامه علمی‌پژوهشی، پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی
سال هشتم، شماره سی و دوم، پاییز ۱۳۹۷ (۴۶-۳۳)

Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research
Vol. 8, No. 32, September 2018 (33-46)

تعیین یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در راستای سیاست کاهش آلودگی هوا با استفاده از الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر: مطالعه موردی اقتصاد ایران

*فاطمه نعمت‌اللهی[۱]، احمد صدرایی‌جواهری[۲]، علی‌حسین صمدی[۳]، روح‌اله شهنازی[۴]

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد انرژی و محیط زیست دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. دانشیار بخش اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. دانشیار بخش اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۴.استادیار بخش اقتصاد، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(دریافت: ۱۳۹۶/۸/۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۳۰)

Determining the Subsidy Required for Investment in Research and Development in Line with the Policy of Reducing Air Pollution Using the Computable General Equilibrium Model: Case Study of Iran

*Fatemeh Nematollahi[1], Ahmad Sadraei Javaheri[2], Ali Hossein Samadi[3], Ruhollah Shahnazi[4]

1. Ph.D. Student of Energy, Department of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Associate Professor of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Associate Professor of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran
4. Assistant Professor of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran

(**Received:** 29/Oct/2017 **Accepted:** 20/May/2018)

چکیده:

امروزه کاهش در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، به منظور دستیابی به یک رشد اقتصادی پایدار، در کانون توجه جهان قرار گرفته است. پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و وضع مالیات بر مصرف انرژی‌های فسیلی، از جمله سیاست‌های مطرح شده در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. این سیاست‌ها با هدف ایجاد تغییرات فنی اتخاذ می‌شوند. در این تحقیق، با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، دو سناریوی پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و پرداخت یارانه به همراه وضع مالیات بر مصرف سوخت‌های فسیلی، با هدف دو برابر نمودن نسبت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی، مورد توجه قرار گرفته است. در ابتدا نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای دستیابی به هدف مزبور تعیین و سپس، آثار اقتصادی، رفاهی و محیط زیستی سیاست‌های یاد شده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تدوین و عددهی الگو نشان می‌دهد که در سناریوی اول، نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، جهت دستیابی به هدف مزبور، معادل ۹/۴ درصد و در سناریوی دوم برابر ۹/۱ درصد است. در این میان نرخ مالیات لازم در سناریوی دوم معادل ۲/۵ درصد از مصرف انرژی‌های فسیلی برآورد شده است. نتایج حاکی از کاهش رفاه در هر دو سناریو، بدون توجه به منافع اجتماعی حاصل از کاهش انتشار گازهای آلاینده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که هر دو سیاست مالیات بر مصرف انرژی فسیلی و سیاست پرداخت یارانه به تحقیق و توسعه قادر به کاهش مصرف انرژی و آلودگی هوا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مالیات، انرژی، یارانه، تحقیق و توسعه، الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر.

طبقه‌بندی JEL: Q54، Q55، Q32.

Abstract:

Greenhouse gas emission abatement is an important issue at the center of attention worldwide with the aim of achieving sustainable economic growth. One of the policies put forward in this area is to subsidize investment in research and development and to levy tax on fossil fuels in order to make appropriate technical changes to reduce greenhouse gas emissions. The present paper determines the subsidy rate for investment in research and development to double it with using a computable general equilibrium model. It considers in the first scenarios subsidy payment for investment and in the second scenarios subsidy payment along with, the taxation of fossil fuel consumption. It then examines the economic, welfare and environmental impacts of these policies. The results of modeling and calibration show that in the first scenario, the subsidy rate for investment in research and development is 9.4% and in the second scenario it is 9. 1%. Meanwhile, the tax rate for fossil fuels in the second scenario is 2.5%. The results indicate a reduction in welfare in both scenarios, regardless of the social gains of reducing emissions. The results also show that both the energy tax policy, and research and development subsidy policy is able to reduce energy consumption and air pollution.

Keywords: Taxation, Energy, Subsidies, R & D, CGE Model.
JEL: Q54, Q55, Q32.

* **نویسنده مسئول:** فاطمه نعمت اللهی
E-mail: Nematollahifatemeh@yahoo.com

*Corresponding Author: Fatemeh Nematollahi

۱- مقدمه

معضل کاهش کیفیت محیط‌زیست و به‌ویژه آلودگی هوا و بدنبال آن اتخاذ سیاست‌های مناسب در زمینه بهبود کیفیت محیط‌زیست، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران بشمار می‌رود. چرا که سیاست‌های اتخاذ شده به تغییر رفتار بنگاه‌ها و افراد در واکنش به وضع قوانین و اعمال سیاست‌ها منجر شده و می‌تواند پیامدهایی مانند کاهش تولید و رفاه اقتصادی را به همراه داشته باشد. لذا قوانین و سیاست‌ها باید به‌گونه‌ای تنظیم و اجرا شوند که همراه با حفظ پویایی‌ها و کیفیت محیط‌زیست، هزینه‌های جانبی را به حداقل ممکن برسانند. پرداخت یارانه برای تشویق پیامدهای مثبت و وضع مالیات بر مصرف انرژی برای مقابله با پیامدهای جانبی منفی در فرایند تولید، از جمله سیاست‌هایی است که از سوی اقتصاددانان بخش عمومی در این زمینه مطرح شده است. در این میان بحث شکست بازار در زمینه اثرات جانبی محیط‌زیستی[1] و مقوله دانش، به‌عنوان یک کالای عمومی، یکی از چالش‌های رویاروی سیاست‌گذاران است. سیاست‌گذاران با این سؤال روبه‌رو هستند که از بین دو گزینه اجرای سیاست‌های اصلاح اثرات جانبی محیط زیستی و تصحیح نارسایی بازار در مورد دانش، کدام یک را باید انتخاب نمود.

این چالش در پی خود تحقیقات مختلفی را بدنبال داشته است. در این تحقیقات با استفاده از روش‌ها و مدل‌های متفاوت به بررسی آثار بکارگیری این سیاست‌ها پرداخته شده است. در این میان، مطالعه حاضر بدنبال بررسی آثار اقتصادی، رفاهی و محیط زیستی سیاست‌های پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و وضع مالیات بر مصرف سوخت‌های فسیلی در راستای کاهش آلودگی هوا می‌باشد. لذا به طور خاص با در نظر گرفتن خدمات دانش به عنوان یکی از عوامل تولید اقدام به الگوسازی برای اقتصاد ایران شده است. سؤال اساسی این تحقیق آن است که برای دو برابر کردن سهم سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در تولید ناخالص داخلی، چه میزان یارانه لازم بوده و اتخاذ این سیاست چه اثری بر کاهش آلودگی هوا، رفاه اقتصادی و سایر شاخص‌های اقتصادی خواهد داشت. در این راستا با استفاده از یک مدل تعادل عمومی محاسبه‌پذیر[2]، در قالب اعمال دو سناریو پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و پرداخت یارانه و وضع مالیات بر مصرف انرژی‌های فسیلی، در ابتدا اقدام به محاسبه نرخ یارانه مورد نیاز و نرخ مالیات بر مصرف انرژی‌های فسیلی در جهت تأمین منابع پرداخت یارانه شده و سپس آثار اقتصادی و رفاهی دو سناریوی اعمال شده مورد بررسی قرار گرفته است.

در ادامه بخش دوم به بیان مبانی نظری و پیشینه تحقیق، بخش سوم به ساختار الگو، بخش چهارم به بیان نتایج شبیه‌سازی و بخش پنجم به جمع‌بندی نتایج و پیشنهادها اختصاص یافته است.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر هزینه‌های صرف شده بر روی تحقیق و توسعه (R&D)[3]، به عنوان یکی از عوامل اصلی تولید، در کنار هزینه سایر نهاده‌های تولید، از قبیل سرمایه و نیروی کار، مورد توجه قرار گرفته است. چرا که از یک سو، در چارچوب اقتصاد دانش محور هزینه‌های تحقیق و توسعه علاوه بر نهاده تولید، به عنوان نوعی از سرمایه‌گذاری در اقتصاد شناخته شده است (دلیری، ۱۳۹۶: ۸۱ و دودانگی، ۱۳۹۵: ۱۳۱). بدین معنا که مخارج صرف شده بر روی تحقیق و توسعه، به عنوان سرمایه‌گذاری برای توسعه پایدار در اقتصاد به شمار می‌آید (برخورداری و عظیمی، ۱۳۸۷: ۱۱۲). از سوی دیگر، وجود شکست بازار و نارسائی بازار دانش در محاسبه منافع نهائی اجتماعی ناشی از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، نه تنها بکارگیری سیاست‌هایی مانند پرداخت یارانه به تحقیق و توسعه توسط دولت را موجه، بلکه امری ضروری نموده است. سرریز دانش و وجود مزایای اجتماعی حاصل از اختراعات، باعث می‌شود که مخترعان برای دریافت پاداش کامل خود با مشکل مواجه شده و بدین ترتیب انگیزه بازار خصوصی برای سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه کمتر از میزان بهینه اجتماعی[4] باشد.

نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در زمینه ارزیابی اثربخشی گزینه‌های مختلف سیاست‌گذاری، بیانگر آن است که بهترین عملکرد سیاست‌های محیط زیستی زمانی است که ترکیبی از این سیاست‌ها بکار گرفته می‌شود. مطالعات انجام شده توسط فیچر و نوئل[5] (۲۰۰۸: ۱۴۲)، پاپ و همکاران[6] (۲۰۱۰: ۹۳۵-۸۷۳)، لیم و کیم[7] (۲۰۱۲: ۵۰۲-۴۹۶) نمونه‌هایی از این مطالعات می‌باشد. این تحقیقات بر این باورند که اگرچه

1. Environment Externalities
2. Computable General Equilibrium Model
3. Research and Development (R&D)
4. Underinvestment
5. Fischer & Newell (2008)
6. Popp et al. (2010)
7. Lim & Kim (2012)

سیاست‌های تغییر فناوری، می‌تواند به تسهیل ایجاد فناوری‌های سازگار با محیط زیست کمک کنند، اما انگیزه کمی برای بکارگیری و استفاده از این فناوری‌ها را ایجاد می‌نماید. از آنجا که بخش خصوصی در برآورد سود حاصل از استفاده از فناوری‌های محیط زیستی، منافع اجتماعی را لحاظ نمی‌نماید، لذا انگیزه لازم برای ایجاد تغییرات فناوری را به تنهایی ندارد[1]. بنابراین دولت‌ها در راستای فراهم نمودن انگیزه ابتدایی لازم برای بهبود و ایجاد فناوری‌های پاک و در نتیجه دستیابی به هدف بهبود کیفیت آب و هوا، اقدام به اعمال سیاست‌هایی از قبیل وضع مالیات بر کربن، حمایت از سرمایه‌گذاری در R&D از طریق پرداخت یارانه می‌نمایند. این سیاست‌ها می‌توانند به افزایش نوآوری و تغییر فناوری منجر شود، اگرچه تأثیر این سیاست‌ها، در سطح خرد و کلان اقتصادی، بنا بر ساختار اقتصادی و اجتماعی کشورها می‌تواند متفاوت باشد.

تغییرات فنی می‌تواند دو نقش مهم در زمینه بهبود کیفیت آب و هوا ایفا نماید. اول آنکه تغییرات فنی عمومی، می‌تواند از طریق رشد بهره‌وری منجر به کاهش شدت انرژی در طول زمان و در نتیجه کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله دی اکسیدکربن شود. دوم آنکه تغییرات فنی که به طور خاص در زمینه استفاده از انرژی و به طور خاص در زمینه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت می‌گیرد، می‌تواند باعث بهبود کارائی انرژی گردیده و این توانائی را ایجاد نماید که از همان مقدار انرژی خدمات بیشتری دریافت کنیم و انرژی‌های پاک‌تر و با هزینه کمتر را جایگزین انرژی‌های فسیلی نمائیم. در متون اقتصادی سه کانال برای ایجاد تغییرات القائی فناوری[2] ذکر می‌شود که شامل تغییر قیمت نسبی، یادگیری حین عمل (LBD)[3] و R&D است (لیم و کیم، ۲۰۱۲: ۴۹۶).

در زمینه موضوع مورد بحث مطالعات مختلفی انجام شده است. مطالعات خارجی انجام شده را می‌توان به چند دسته تقسیم نمود. در گروه اول با تحقیقاتی چون مطالعات انجام شده توسط اشنایدر و گولدر[4] (۱۹۹۷: ۱۳)، کورنداک و همکاران[5] (۲۰۰۴: ۲۵)، رادرفورد[6] (۲۰۰۵: ۱)، گرلاق و واندرزوان[7] (۲۰۰۶: ۲۵)، فیچر و نوئل (۲۰۰۸: ۱۴۳)، پاپ و همکاران (۲۰۱۰: ۸۹۰)، لیم و کیم (۲۰۱۲: ۴۹۶) روبه‌رو هستیم. این تحقیقات به ارزیابی اثربخشی گزینه‌های پرداخت یارانه به فناوری و وضع مالیات پرداخته‌اند. آنها به این نتیجه رسیده‌اند که سیاست‌های محیط زیستی بهترین عملکرد را زمانی دارند که با هم اجرا شوند. چرا که معتقدند، اگرچه سیاست فناوری می‌تواند به تسهیل ایجاد فناوری‌های سازگار با محیط زیست کمک کند، اما انگیزه کمی برای استفاده از این فناوری‌ها وجود دارد. درگروه دوم، کانال‌های اثرگذاری سیاست‌های محیط‌زیستی مانند (R&D) و سرریز دانش ناشی از آن و همچنین (LBD) بطور جداگانه و همزمان مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات انجام شده توسط کلاسن و همکاران[8] (۲۰۰۵:۲۲۷)، سودرهوم و کلاسن[9] (۲۰۰۷: ۱۶۳) در این گروه قرار دارند. گروه سوم مطالعات، مسئله زمان‌بندی و شدت بکارگیری سیاست‌های محیط زیستی و چگونگی وارد کردن موجودی دانش در الگوها و نحوه محاسبه انباشت دانش را با هم مقایسه نموده‌اند. برای مثال می‌توان به مطالعات گولدر و متایی[10] (۲۰۰۰: ۱)، رادرفورد (۲۰۰۵: ۳)، هگدال و جاکوبسن[11] (۲۰۱۱: ۹۱۴)، بارامولی و اولسون[12] (۲۰۰۵: ۱۹۳۵) اشاره نمود. گروهی مانند باسیانتی و لوشل[13] (۲۰۱۴: ۳۶-۱) و پاپ و همکاران (۲۰۱۰: ۹۰۲) اقدام به بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه مدل سازی انواع نوآوری و تغییرات فناوری و تشویق های انجام شده توسط دولت در این زمینه نموده‌اند. آنها نشان دادند که نتایج حاصله می‌تواند تحت تأثیر نوع فعالیت‌های نوآورانه، قرار گیرد. فعالیت‌های نوآورانه به طور عمده در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و ایجاد فناوری‌های جدید در جهت افزایش بهره‌وری انرژی صورت گرفته است.

در بخش تحقیقات داخلی، مجدزاده طباطبایی و همکاران اثرات اقتصادی، رفاهی و محیط زیستی سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای (FIT)[14] به منظور توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران را در قالب یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر ایستا بررسی نموده و نشان دادند که پرداخت یارانه به انرژی‌های تجدیدپذیر و چگونگی تأمین مالی یارانه توسط دولت بر آثار

1. Popp (2010)
2. Induced Technological Change (ITC)
3. Learning by Doing
4. Schneider & Goulder (1997)
5. Kverendak et al. (2004)
6. Rutherford (2005)
7. Gerlagh & Van Der Zwaan (2006)
8. Klaassen et al. (2005)
9. So derholm & Klaassen (2007)
10. Goulder & Methai (2001)
11. Heggedal & Jacobsen (2011)
12. Bramoulle & Olson (2005)
13. Baccianti & Loshel (2014)

۱۴. FIT نوعی قرارداد است که برای تضمین خرید برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر منعقد می‌گردد و سازوکاری برای شتاب دادن به سرمایه‌گذاری در انرژی تجدیدپذیر به‌شمار می‌رود. هدف از این نوع تعرفه جبران تفاوت بین قیمت بازار و هزینه تولید برای تولیدکنندگان برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر است.

اعمال سیاست خرید تضمینی برق از محل انرژی‌های تجدید پذیر تأثیرگذار است. همچنین پرداخت یارانه یکسان به فناوری‌های مختلف کارآمدتر بوده و اثر کمتری بر کاهش تولید ناخالص داخلی داشته و هزینه مالی آن برای دولت کمتر است (مجدزاده طباطبایی و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۶۴).

تحقیق دیگری که توسط مجدزاده طباطبایی و همکاران انجام شده است، نشان می‌دهد که برای رسیدن به سهم ده درصدی انرژی‌های تجدیدپذیر در کل برق تولیدی باید معادل ۸۵۱ درصد یارانه به این نوع از انرژی‌ها پرداخت شود. بدین ترتیب تعرفه پیشنهادی برای خرید برق از محل انرژی های تجدیدپذیر معادل ۴۱۰ تومان به ازای هر کیلووات ساعت برآورد شده است (مجدزاده طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۲۷).

مقیمی فیض‌آبادی در بررسی آثار اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی مالیات سبز در خراسان رضوی به این نتیجه رسید که وضع مالیات بر سوخت، تقاضای واسطه‌ای برای سوخت فسیلی را کاهش داده و با لحاظ نمودن اثر مثبت کاهش آلودگی، تغییرات در رفاه با افزایش نرخ مالیات افزایش می‌یابد (مقیمی فیض‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۹).

مقدسی و طاهری با هدف تحلیل آثار اقتصادی و محیط زیستی وضع مالیات بر آلودگی ناشی از مصرف سوخت و فرایند تولید در ایران، از یک الگوی تعادل عمومی استفاده کردند و نشان دادند که این نوع از مالیات موجب افزایش سطح تولید خدمات و برخی از بخش‌های کشاورزی می‌شود؛ در حالی که تولید در بخش‌های صنعتی و انرژی کاهش می‌یابد. همچنین این تحقیق نشان داد که در بالاترین سطح، وضع مالیات بر آلودگی، تولید ناخالص داخلی را کمتر از ۱/۵درصد و مصرف خانوارها را حدود ۲/۵ درصد کاهش می‌دهد. در حالی که انتشار آلاینده‌ها بین ۳/۳–۲/۵ درصد کاهش می‌یابد (مقدسی و طاهری، ۱۳۹۱: ۷۷).

برخی از پژوهش‌های داخلی مانند برخورداری و عظیمی (۱۳۸۷: ۱۱۱)، باقرزاده و کمیجانی (۱۳۸۹: ۹۳) و انوشه (۱۳۹۰: ۵۹) به بررسی تأثیر یارانه به تحقیق و توسعه و اثر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد و بهره‌وری پرداخته‌اند. این در حالی است که تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی تأثیر یارانه به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر کاهش انتشار آلودگی در ایران صورت نگرفته است. لذا تحقیق حاضر تلاشی برای پر کردن خلاء موجود در تحقیقات داخلی می‌باشد.

۳- ساختار الگو

۳-۱- تشریح معادلات الگو

به منظور تعیین نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، با هدف دو برابر نمودن سهم این نوع از سرمایه‌گذاری در تولید ناخالص داخلی کشور و بررسی آثار رفاهی ناشی از اتخاذ این سیاست، از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه استفاده شده است. چارچوب الگوهای تعادل عمومی ابزاری مناسب برای بررسی آثار سیاست‌گذاری و تکانه‌های برون‌زا می‌باشد. این نوع از الگوها، قادر به شبیه‌سازی یک سیستم جامع شامل تمام بخش‌های اقتصادی و در صورت لزوم کل جهان می‌باشند. مشخصه اصلی که الگوی تعادل عمومی بکارگرفته شده در این تحقیق را از سایر تحقیقات داخلی متمایز می‌کند آن است که، موجودی دانش به عنوان یک عامل تولید در اقتصاد در نظر گرفته شده است. این امر به منظور فراهم شدن امکان برآورد اثر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر اقتصاد صورت گرفته است. در ادامه به اختصار به بیان ساختار الگوی تدوین شده پرداخته شده است.

۳-۱-۱- ساختار تقاضا

اقتصاد مورد نظر از یک خانوار نماینده، دولت و دو گروه از بنگاه‌ها تشکیل شده است. هر کدام از این دو گروه، به تولید یک نوع از دو کالای انرژی (EC) و غیر انرژی (N) اشتغال دارند. در این اقتصاد مالکیت عوامل تولید شامل نیروی‌کار، سرمایه و دانش در اختیار خانوار نماینده قرار دارد. عوامل تولید به بنگاه‌ها اجاره داده شده و درآمد حاصل از آن، توسط خانوار نماینده، صرف خرید کالاهای تولیدی (C) یا پس‌انداز (R) می‌شود. تقاضا توسط ترجیحات خانوار که به وسیله یک تابع مطلوبیت کاب داگلاس در رابطه (۱) نشان داده شده، شکل می‌گیرد. این نوع از ترجیحات برای اولین بار توسط مارشال[1] (۱۹۲۰) ارائه شد (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۷)، که در آن خانوار از اختصاص درآمد خود به مصرف و پس‌انداز کسب مطلوبیت می‌نماید. با توجه به آنکه در الگوی تدوین شده، میزان پس‌انداز و به دنبال آن میزان مصرف خانوار نماینده توسط میزان تقاضا برای سرمایه‌گذاری در وضعیت تعادل تعیین می‌شود، به پیروی از سوینگ[2] (۲۰۰۳: ۱۳) و لیم و کیم[3] (۲۰۱۲: ۴۹۷) از این نوع تابع مطلوبیت استفاده شده است.

1. Marshal (1920)
2. Sue Wing (2003)
3. Lim & Kim (2012)

(۱)

$$U = C^{\gamma} R^{1-\gamma}$$

که در آن γ و γ-۱ بـه ترتیـب سـهم مصـرف و پـس‌انـداز در مطلوبیت را نشان می‌دهند. میزان کالاهای ترکیبـی مصـرفی و پس‌انداز توسط توابع کاب داگلاس تعیین می‌شوند. ایـن توابـع در روابط (۲) و (۳) نشان داده شده است:

(۲)

$$C = \prod_i C_i^{\alpha_{iC}}$$

(۳)

$$R = \prod_i R_i^{\alpha_{iR}}$$

که در آنها ضرایب α_{iC} و α_{iR} سهم کالای i ام را در مصرف و پس‌انداز نشان می‌دهند. به‌طوری‌که:

$$\Sigma_i \alpha_{iC} = 1 \text{ و } \Sigma_i \alpha_{iR} = 1$$

در وضعیت تعادل میزان پس‌انداز با میزان سرمایه‌گذاری اعم از سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برابر است. بنابراین منابع تشکیل پس‌انـداز بـه دو بخـش R_{RD} و R_F که به ترتیب عبارتند از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری فیزیکی تقسیم می‌شود. رابطه ۴ نحـوه ادغـام این دو نوع سرمایه‌گذاری را در یک تابع کاب داگـلاس نشـان می‌دهد.

(۴)

$$R = R_{RD}^{\beta R} R_F^{1-\beta R}$$

روابط ۵ و ۶ بیانگر توابع سرمایه‌گذاری در تحقیـق و توسـعه و سرمایه‌گذاری فیزیکی می‌باشند.

(۵)

$$R_{RD} = \left[\Sigma_i \alpha_i R_{rd}^{\rho R}\right]^{1/\rho R}$$

(۶)

$$R_F = \left[\Sigma_i \alpha_i R_f^{\rho R}\right]^{1/\rho R}$$

خانوار نماینده مطلوبیت خود را با توجـه بـه بـردار قیمـت‌هـا و محدودیت درآمدش حـداکثر نمـوده و از ایـن طریـق تقاضـای نهایی برای کالاهای مصرفی و پس‌انداز شکل می‌گیرد. مسـئله (۷) مسئله رویاروی مصرف‌کننـده نماینـده در تعیـین تقاضـای بهینه را نشان می‌دهد.

(۷)

$$Max\ U(gd)$$
$$s.t\ \Sigma_d P_d gd \le Z[Pf.V]$$

کـه در آن gd بیـانگر تقاضـای نهـایی یـا مجمـوع مصـرف و پس‌انداز خانوار نماینده و مخارج دولـت اسـت؛ از آنجـا کـه در وضعیت تعادل میزان پس‌انداز با میزان سرمایه‌گـذاری ناشـی از سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برابر است، gd از یک‌سو بیانگر تغییرات معـادل[1] و معیـار رفـاه و از سوی دیگر بیانگر مجموع مصرف خانوار نماینده، مصرف دولت، سرمایه‌گذاری فیزیکی و سـرمایه‌گـذاری در تحقیـق و توسـعه می‌باشد. در رابطه ۷، P_d و Z به ترتیب بیانگر قیمت تقاضـای نهایی و درآمد می‌باشند. درآمد، ترکیبی از پاداش بـه عوامـل و درآمد حاصل از مالیات بـر کالاهاسـت کـه V کـل عوامـل در اختیار خانوار[2] شامل نیروی کار، سرمایه، موجودی دانـش و Pf قیمت عوامل تولید است. برای نشان دادن ساختار تقاضا از یک تابع CES لایه‌ای که در نمودار یک نشان داده شـده، اسـتفاده نموده‌ایم. این نوع از تقاضای نهایی که بیانگر تصمیم مصرف و پس انداز می‌باشـد، توسـط بـالارد[3] و همکـاران (۱۹۸۵: ۱۲) و سوینگ (۲۰۰۳: ۳۳) بسط داده شده اسـت. در ایـن چـارچوب، پـس‌انـداز کـل بـه سـرمایه‌گـذاری فیزیکـی مشـهود R_F و سرمایه‌گذاری نامشهود در تحقیق و توسعه R_{RD} تقسیم شده و کارگزار درآمد خود را بین اجزا پس انداز، بر اساس هزینه‌های نسبی آنها تخصیص مـی‌دهـد. تحـت ایـن سـازوکار، تغییـر در R&D بدنبال تغییر در قیمت‌های نسبی به‌وجود آمده و میـزان انباشـت در ذخیـره سـرمایه فیزیکـی و نامشـهود توسـط سرمایه‌گذاری فیزیکی و سـرمایه‌گـذاری در تحقیـق و توسـعه تعیین می‌گردد. تمایل کارگزار نماینده، برای سـرمایه‌گـذاری در R&D تابعی از ضرایب R_F و R_{RD} است. این ضرایب بـر اساس داده‌های ماتریس حسابداری اجتماعی مقداردهی شـده و میزان جانشینی بین سرمایه‌گـذاری فیزیکـی و سـرمایه‌گـذاری R&D توسط کشش جانشینی σ_s مشخص می‌شود.

۳-۱-۲- تولید

ساختار تولید در اقتصاد به ۱۱ بخش تقسـیم شـده، کـه شـامل بخش تولیدکننده کالای سرمایه‌ای برای امر تحقیـق و توسـعه نیز می‌باشد. این ۱۱ بخش از ادغام ۷۰ بخـش در نظـر گرفتـه شده در ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ بدسـت آمـده است. تولید بنگاه i ام y_i با استفاده از عوامل تولید اولیـه V و کالاهای واسـطه‌ای X انجـام مـی‌شـود. بـردار X متشـکل از

1. Equivalent Variation
2. Endowment
3. Ballard et al. (1985)

عناصر X_{ii} و X_{ji} است. این عناصر به ترتیب بیانگر آن بخش از تولید کالای iام و jام است که در تولید کالای iام بکار رفته است. تابع تولید y_i به‌وسیله یک تابع CES نمایش داده می‌شود. این تابع توسط رابطه ۸ نشان داده شده است.

(۸)

$$y_i = \left[\Sigma \alpha_{ji} X_{ji}^{\rho i} + \alpha_{vi} V_i^{\rho i}\right]^{\frac{1}{\rho i}} \quad ij \in \{EC, N\}$$

در این تابع پارامترهای α بیانگر سهم هر کدام از نهاده‌ها و عوامل تولید و ρ بیانگر پارامتر جانشینی است. هر بنگاه j سود (π_j) خود را با توجه به محدودیت فناوری تولید (Φ_j) حداکثر نموده و بدین ترتیب میزان تقاضا برای کالاهای واسطه X_j و عوامل V_J برای تولید محصول y_j بر اساس قیمت آنها (P_j و Pf) تعیین می‌شود. مسئله تولیدکننده توسط رابطه ۹ نشان داده شده است.

(۹)

$$Max \ \pi_j[P_j y_j, P_j X_j, Pf.V_j]$$
$$S.t. \ \ y_j \le \Phi_j(X_j, V_j)$$

که در آن Φ_jها توابع با کشش جانشینی ثابت لایه‌ای[1] هستند. ساختار لایه‌ای تابع تولید بخش‌های تولیدکننده انرژی اولیه مانند نفت خام، گاز طبیعی و زغال سنگ، به عنوان نمونه، در نمودار شماره یک نشان داده شده است. در ساختار نمایش داده شده محصول هر بخش از ترکیب خدمات دانش با کالای ترکیبی تشکیل می‌شود. در پایین‌ترین لایه، کالاهایی که از بخش‌های کشاورزی، معادن، خدمات، صنعت، حمل و نقل، فلزات اساسی به عنوان بخش غیر انرژی در تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند و خود یک کالای ترکیبی از تولید داخل و واردات هستند. مجموعه کالاهای انرژی شامل فرآورده‌های نفتی، گاز، برق و زغال سنگ نیز خود ترکیبی از کالاهای داخلی و واردات هستند. کالای ترکیبی مواد واسطه–انرژی از ترکیب کالاهای غیر انرژی و انرژی بدست می‌آید. کالای ترکیبی ارزش افزوده نیز ترکیبی از عامل تولید کار و سرمایه است. از ترکیب مواد واسطه–انرژی و کالای ترکیبی ارزش افزوده کالای ترکیبی مواد واسطه–انرژی و ارزش افزوده تشکیل شده که ترکیب آن با عوامل ثابت، که بیانگر اجاره منابع طبیعی است، کالای ترکیبی عوامل ثابت–مواد واسطه–انرژی و ارزش افزوده ایجاد می‌شود. بالأخره در بالاترین لایه، محصول داخلی از ترکیب این کالا با دانش به‌وجود می‌آید.

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این الگو آن است که خدمات دانش به عنوان یک عامل اصلی[2] همگن در نظر گرفته شده می‌تواند جانشین سایر نهاده‌ها و عوامل تولید در اقتصاد شود. در این حالت انباره دانش به عنوان یک دارایی در اقتصاد به‌شمار می‌رود که همانند سرمایه عمل می‌نماید. دانش با سرمایه‌گذاری بر روی تحقیق و توسعه افزایش یافته و بر اساس نرخ استهلاک که به صورت برون‌زا تعیین می‌شود، مستهلک می‌گردد. از همه مهم‌تر آنکه دانش همانند سایر عوامل تولید، جریانی از خدمات را در اقتصاد ارائه می‌کند. میزان تأثیر خدمات دانش در جبران کمبود منابع و همچنین واکنش کارگزاران اقتصادی به محدودیت‌های قانونی اعمال شده بر روی مصرف سوخت‌های فسیلی، به ابعاد نسبی ضرایب بخشی مرتبط با عامل دانش و سوخت‌های فسیلی و همچنین اندازه کشش‌های جانشینی بستگی دارد.

۳-۱-۳- دولت و تجارت

با توجه به ساختار اقتصاد ایران، فرض می‌کنیم که دولت از دو طریق کسب درآمد می‌نماید. دولت از یک سو مالکیت نفت و گاز طبیعی بطور کلی و بخشی از منابع زغال سنگ را در اختیار داشته و از سوی دیگر اقدام به اخذ مالیات و در مقابل پرداخت‌های انتقالی می‌نماید. درآمدهای مالیاتی و پرداخت‌های انتقالی غیرمستقیم به‌صورت مالیات بر ارزش[3] اعمال می‌شود. رابطه ۱۰ بیانگر درآمد دولت است که بخش اول درآمد مالیاتی و بخش دوم درآمد حاصل از فروش منابع طبیعی را نشان می‌دهد.

(۱۰)

$$I_G = \tau^A.P_A.A + P_Q.Q$$

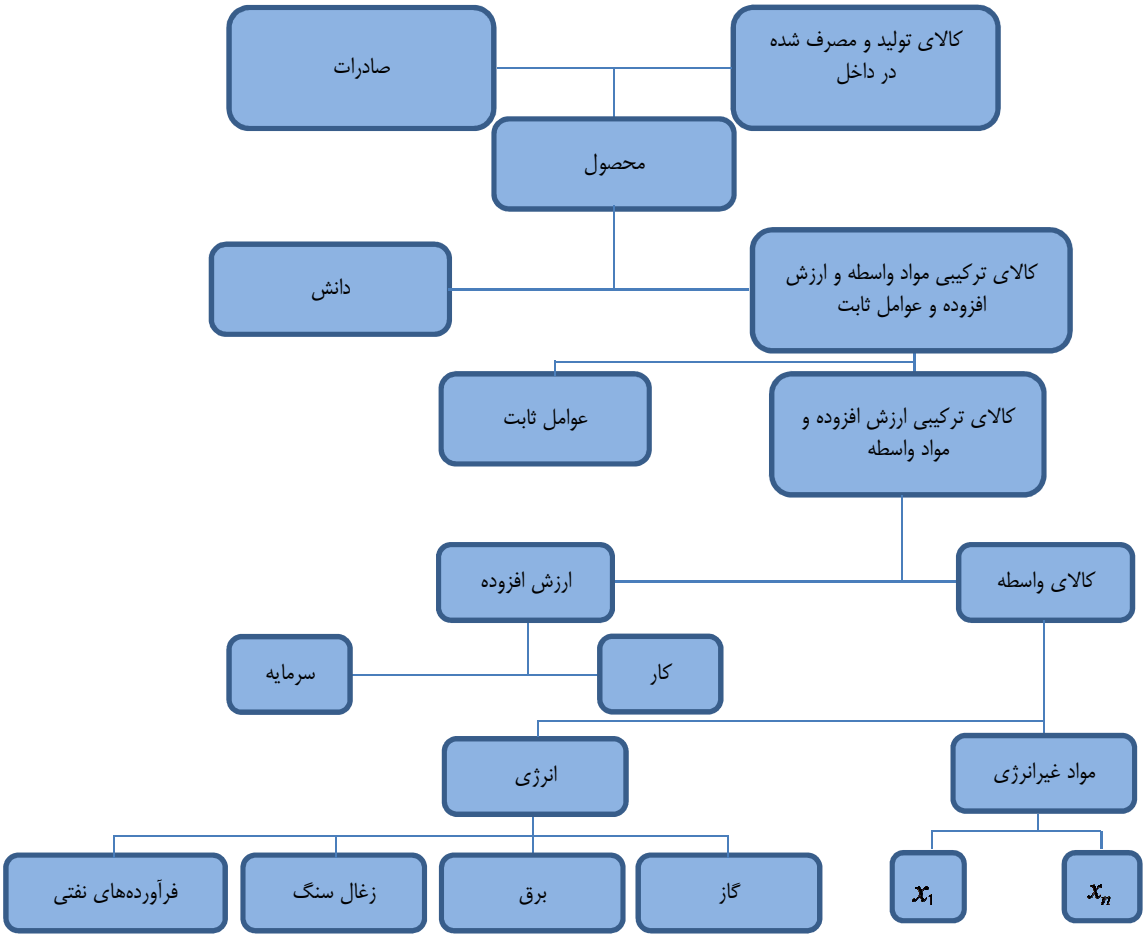
که در آن τ^A خالص مالیات بر ارزش، P_A بردار خالص قیمت کالاهای آرمینگتون، A کالای آرمینگتون، Q منابع طبیعی و P_Q قیمت این منابع می‌باشد. تجارت به شکلی ساده که برای پاسخگویی به سؤال تحقیق کافی است، الگوسازی شده است.

تولید داخلی کالاها از طریق یک تابع تولید کشش ثابت تبدیل[4] (CET) به بازارهای داخلی و صادرات تخصیص می‌یابد. قسمتی از کالا که تولید داخل است با کالای وارداتی ترکیب شده و به کالای مرکب آرمینگتون تبدیل می‌شود. با توجه به

1. Nested Constant Elasticity of Substitution (NCES)

2. Supper Factor
3. Advalorem Tax
4. Constant Elasticity of Transformation (CET)

تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، بردار حاصل از محصـولات آرمینگتون به تقاضا برای کالای واسطه و کالای نهائی تبـدیل می‌شود. در این میان تقاضای صادرات و عرضـه واردات بطـور برون‌زا تعیین شده‌اند.



نمودار ۱. ساختار تابع تولید
مأخذ: سوینگ، ۲۰۰۳: ۳۳

۳-۲- اتحادهای حسابداری

برای برقراری شرایط تعادل عمـومی ارو- دبـرو[1] بایسـتی سـه مجموعه از شرایط تعادلی برقرار باشد.

الف) تسویه بازارها: بیانگر برابری بین محصول تولیدی بنگاه‌ها با مجموع تقاضا برای کالای واسطه و تقاضـا بـرای مصـرف و پس‌انداز و همچنین برابری مجموع تقاضای بنگاه‌ها برای عامل اولیه V با کل منابع در اختیار خانوار می‌باشـد. روابـط ۱۱ و ۱۲ شروط تسویه بازارها را نشان می‌دهد.

(۱۱)

$$y_i = \sum X_{ij} + C_i + R_i$$

(۱۲)

$$V = \sum V_f$$

ب) شرط سود صفر: به‌صورت برابری ارزش محصول هر بنگـاه با ارزش نهاده و عوامل تولید تعریف می‌شود. با توجه بـه آنکـه فناوری تولید از نوع بازده ثابت نسبت به مقیاس تولید می‌باشد، شرط سود صفر تضمین‌کننده شرط حداکثر سود نیز خواهد بود. رابطه ۱۳ شرط سود صفر را نشان می‌دهد.

(۱۳)

$$P_i y_i = \sum P_j X_{ji} + P_{iv} V_i \qquad ij \in \{EC, N\}$$

1. Arrow- Debru

که در آن P_{iv} بیانگر قیمت عامل تولید i ام می‌باشد.

ج) توزان بودجه: بیانگر برابری مخارج مصرفی خانوار و پس‌انداز با درآمد خانوار است. از آنجا که در تابع مطلوبیت مجموع سهم مصرف و پس‌انداز برابر یک است، در نقطه تعادل این شرط برقرار خواهد بود. رابطه ۱۴ شرط توازن بودجه را نشان می‌دهد.

(۱۴)

$$P_V V = \sum P_i (C_i + R_i)$$

۳-۳- پایه اطلاعاتی و روش حل الگو

در الگوهای CGE، نیاز به یک ساختار استاندارد اطلاعات است که در قالب یک ماتریس حسابداری اجتماعی SAM[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق از SAM سال ۱۳۹۰ مرکز پژوهش‌های مجلس، استفاده شده است. در SAM به طور صریح اطلاعات مربوط به سرمایه‌گذاری صنایع در ایجاد دانش و میزان نهاده‌های مورد استفاده برای ایجاد خدمات نامشهود و همچنین اندازه انباشت دانش در اقتصاد وجود ندارد و به عبارتی در حساب‌های تولید و درآمد ملی، تحقیق و توسعه را به عنوان هزینه جاری تولید در کنار هزینه سایر نهاده‌های واسطه‌ای به حساب می‌آورند. این در حالی است که تنها بخشی از مبادلات مربوط به کالاهای واسطه، بیانگر ارزش فیزیکی آن است و مابقی نشان دهنده ارزش دانش مستتر در آن فعالیت تولیدی می‌باشد. لذا بایستی روشی مناسب برای محاسبه ارزش دانش در فعالیت‌های اقتصادی، بر اساس اطلاعات موجود در ماتریس حسابداری اجتماعی را انتخاب نمود.

به این منظور در SAM سال ۱۳۹۰، اجزای نامشهود با استفاده از اطلاعات موجود در ردیف‌های ۲۸-۲۴ و ۶۷-۵۹ مربوط به معاملات بین بخشی، مشخص شده است. این بخش‌ها بیانگر صنایع دانش بر[2] (سوینگ ۲۰۰۳: ۸؛ شهنازی، ۱۳۹۱: ۵) است. این عناصر به عنوان ماتریس جریان دانش به حساب می‌آیند که مجموع ستون‌های آن نشان دهنده ارزش سرمایه‌گذاری نامشهود صنایع و مجموع سطرها نشان دهنده ارزش نهاده‌های خدمات دانش نامشهود در تولید هر صنعت می‌باشد. بخش‌های طبقه‌بندی شده در گروه مرتبط با امر تحقیق و توسعه، مشمول بخش‌هایی است که در امر ایجاد دانش لازم برای کسب مهارت‌های مختلف مانند تخصص در انجام کار، مهارت‌های مذاکره، مدیریت و اجرا مورد نیاز بوده، یا از طریق بهبود توزیع درآمد به گسترش دانش کمک می‌نمایند. بدین ترتیب، در راستای ادغام بخش‌های مزبور، به منظور تدوین نسخه مناسب SAM مورد نیاز، فرض کرده‌ایم که سرمایه‌گذاری کل در ایجاد دانش در هر بخش برابر با کل ارزش نهاده‌های خریداری شده این بخش‌ها از سایر بخش‌های اقتصادی است. همچنین عامل تولید دانش برابر با ارزش فروش محصولات این بخش‌ها به سایر بخش‌های تولیدی می‌باشد.

الگوی طراحی شده با استفاده از زبان برنامه‌نویسی MPSGE[3] نوشته و تحت نرم‌افزار GAMS حل شده است. مقادیر کشش‌های جانشینی بین نهاده‌ها و عوامل تولید، کشش جانشینی آرمینگتون، کشش جانشینی انتقال وکشش جانشینی بین مصرف و پس‌انداز و کشش جانشینی بین انواع سرمایه‌گذاری در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. مقادیر کشش‌ها برگرفته از مطالعه سوینگ (۲۰۰۳: ۲۹) است.

با توجه به آنکه ضرایب سهم و مقادیر متغیرهای برون‌زا در الگوهای تعادل عمومی، بر اساس SAM مقداردهی می‌شود، لذا برای حصول اطمینان از دقت نتایج شبیه‌سازی شده به‌وسیله الگو، تحلیل حساسیت نسبت به مقادیر کشش‌ها انجام شده است.

٤- نتایج شبیه سازی

در این بخش با استفاده از الگوی تدوین شده، به بررسی نتایج حاصل از اعمال دو سناریوی مختلف پرداخته شده است. در سناریوی اول اقدام به تعیین نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در R&D به منظور دو برابر نمودن[4] سهم این نوع از سرمایه‌گذاری در تولید ناخالص داخلی شده است. در سناریوی دوم نرخ مالیات لازم در حالتی که میزان یارانه مورد نیاز برای دستیابی به هدف مزبور از محل اعمال مالیات بر مصرف

1. Social Accounting Matrix
2. Knowledge -Intensive

3. Mathematical Programming System for General Equilibrium Model

۴. با توجه به این‌که سهم مخارج تحقیق و توسعه در تولید ناخالص داخلی در اقتصاد ایران تقریباً ۵ درصد است، در ابتدا اثر سناریو دو برابر نمودن آن و رساندن این سهم به ۱۰ درصد مورد توجه قرار گرفت. با توجه به آنکه شاخص‌های اقتصادی نسبت به این میزان افزایش عکس‌العمل چندانی نشان ندادند، لذا به منظور امکان تحلیل نتایج، این سناریو به همین صورت باقی ماند و سناریوهایی با کمتر از ۱۰۰ درصد تغییر در سهم، مورد بررسی قرار نگرفت.

سوخت‌های فسیلی تأمین شود، برآورد شده است. نتایج حاصل از اعمال سناریوی اول نشان می‌دهد که نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در R&D معادل ۱۰/۷۴ درصد می‌باشد. همچنین در سناریوی دوم برای دستیابی به هدف مورد نظر در سناریوی اول، نیاز به پرداخت نرخ یارانه‌ای معادل ۱۰/۲۱ درصد به سرمایه‌گذاری در R&D بوده و نرخ مالیات معادل ۲/۸۶ درصد بر مصرف انرژی فسیلی می‌باشد. بر اساس نظریه‌های اقتصادی، انتظار می‌رود که میزان یارانه مورد نیاز در سناریو دوم نسبت به سناریو اول، به مراتب کمتر باشد. چرا که مالیات بر مصرف انرژی باعث افزایش قیمت نسبی انرژی می‌شود. لذا در سمت عرضه، تولیدکنندگان سوخت‌های فسیلی را تشویق به صرف هزینه در زمینه R&D جهت جایگزینی سوخت‌های پاک نموده و در سمت تقاضا نیز قیمت بالاتر انرژی، می‌تواند تقاضا کنندگان انرژی به عنوان کالاهای واسطه‌ای را وادار به انجام تحقیقات به منظور استفاده از روش‌های تولید جدید که نیاز به انرژی کمتری دارند نماید. از طرف دیگر، تمایل مصرف کنندگان نهایی انرژی به تقاضا برای کالاهای نهایی با کارایی بیشتر در مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. این امر به نوبه خود می‌تواند تولیدکنندگان را تشویق به سرمایه‌گذاری بیشتر در R&D نماید. بنابراین مالیات بر انرژی نیز بطور غیرمستقیم باعث افزایش سرمایه‌گذاری در R&D و ایجاد نیرویی مضاعف در این راستا شده و در نتیجه می‌تواند منجر به کاهش میزان یارانه لازم برای رسیدن به هدف مورد نظر شود. اما همان‌طور که ملاحظه می‌شود تفاوت در نرخ یارانه در دو سناریو تنها ۰/۵۳ درصد است. این امر بیانگر عدم انعطاف‌پذیری ساختاری در بخش‌های تولیدی نسبت به وضع مالیات بر سوخت‌های فسیلی است. به عبارتی وضع مالیاتی به میزان ۲/۵ درصد انگیزه چندانی در بخش‌های تولیدی نسبت به تغییر تکنولوژی تولید و انجام سرمایه‌گذاری در R&D ایجاد نمی‌نماید.

جدول ۱. مقادیر کشش‌های جانشینی

بخش/شرح	جانشینی آرمینگتون	کشش جانشینی	مقدار
کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری	۲	بین دانش و کالای ترکیبی مواد–انرژی–ارزش افزوده و عوامل ثابت	۱
نفت خام و گاز طبیعی	۲	بین عوامل ثابت و کالای ترکیبی مواد–انرژی –ارزش افزوده	۰/۰
استخراج زغال سنگ	۲	بین کالای ترکیبی مواد–انرژی و ارزش افزوده	۰/۷
سایر معادن و محصولات کانی غیرفلزی	۰/۹	بین مواد و انرژی	۰/۷
فلزات اساسی	۰/۹	بین کار و سرمایه	۰/۹
ساخت کک، فرآورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت هسته‌ای	۰/۶	بین کالاهای انرژی	۱/۴
توزیع گاز طبیعی	۰/۵	بین مواد واسطه غیر انرژی	۰/۶
خدمات	۰/۹	بین کالای تولید شده و مصرف شده در داخل و صادرات (کشش انتقال)	۰/۹
برق	۰/۶	بین مصرف و پس‌انداز	۱
حمل و نقل	۰/۴	بین سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه	۱
صنایع کارخانه‌ای	۰/۸	بین انواع سرمایه‌گذاری فیزیکی	۰/۲۵

مأخذ: سوینگ (۲۰۰۳: ۲۹)

یکی از مسائل مورد توجه در اجرای سیاست‌های محیط زیستی، آثار رفاهی و همچنین میزان آثار محیط زیستی آنها است. همان‌طور که در بخش ساختار الگو به توضیح آن پرداخته شد، به منظور بررسی آثار رفاهی تحت سناریوهای مورد بررسی، از شاخص رفاه تغییرات معادل استفاده شده است. این شاخص به اندازه‌گیری میزان تغییر در درآمد در قیمت‌های رایج که برابر با اثر ایجاد شده در مطلوبیت مصرف‌کننده به علّت مالیات و یارانه است، می‌پردازد. شکل تابع مطلوبیت در الگوی تدوین شده، بیانگر آن است که مطلوبیت تابعی از مصرف و پس‌انداز و در نتیجه مصرف و سرمایه‌گذاری، در وضعیت تعادل است. بنابراین تغییرات در رفاه تابعی از تغییرات در مصرف، سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در R&D می‌باشد. بر این اساس، نتایج تحقیق بیانگر آن است که میزان رفاه در سناریوهای اول و دوم به ترتیب ۱ و ۱/۴ درصد کاهش

یافته است. علّت این امر آن است که پس از پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در R&D از یک‌سو بر اساس رابطه ۴ این نوع از سرمایه‌گذاری جانشین سرمایه‌گذاری فیزیکی شده و از سوی دیگر به علّت افزایش پس‌انداز، مصرف نیز کاهش می‌یابد که برآیند کاهش مصرف و سرمایه‌گذاری فیزیکی کاهش رفاه را ایجاد می‌کند. لازم به ذکر است که درصد کاهش در سرمایه‌گذاری فیزیکی کمتر از یک درصد است. ولی از آنجا که سهم سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در R&D از کل سرمایه‌گذاری به ترتیب حدود ۹۵ و ۵ درصد می‌باشد، لذا ۸/۶ درصد افزایش در سرمایه‌گذاری در R&D، نمی‌تواند کاهش در سرمایه‌گذاری فیزیکی را جبران نماید. جدول شماره ۲ درصد تغییر در رفاه، مصرف، سرمایه‌گذاری فیزیکی و سرمایه‌گذاری در R&D را نشان داده است.

جدول ۲. مقایسه آثار اقتصادی و رفاهی تحت دو سناریو مورد بررسی

سناریو–شرح	نرخ یارانه	نرخ مالیات	درصد کاهش رفاه	درصد کاهش مصرف	درصد افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه	درصد کاهش در سرمایه‌گذاری فیزیکی
سناریوی اول	۹/۴۲	۰/۰۰	-۱/۰۰	-۰/۶۶	۸/۵۹	-۰/۶۳
سناریوی دوم	۹/۰۷	۲/۵۰	-۱/۴۱	-۰/۶۳	۸/۳۶	-۰/۶۵

ماخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳. میزان کاهش انتشار هر آلاینده و کاهش هزینه اجتماعی تحت دو سناریو

آلاینده – شرح	هزینه اجتماعی	کاهش هر آلاینده		کاهش هزینه اجتماعی ناشی از یارانه	
	هزار ریال برتن	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی اول	سناریوی دوم
کربن دی اکسید	۸۰	-۱۳۴۰۴۴۷۷	-۲۳۰۹۵۶۹۴	-۱۰۷۲۳۵۸۱۶۰	-۱۸۴۷۶۵۵۵۲۰
ریز گرد	۳۴۴۰۰	-۲۶۷۷	-۹۰۳۴	-۹۲۰۸۸۸۰۰	-۳۱۰۷۶۹۶۰۰
کربن منوکسید	۱۵۰۰	-۳۶۱۸۵	-۱۶۴۳۱۸	-۵۴۲۷۷۵۰۰	-۲۴۶۴۷۷۰۰۰
سولفید	۱۴۶۰۰	-۵۷۵۴	-۲۸۴۲۹	-۸۴۰۰۸۴۰۰	-۴۱۵۰۶۳۴۰۰
اکسید نیتروژن	۴۸۰۰	-۲۸۶۰۹	-۵۹۹۹۲	-۱۳۷۳۲۳۲۰۰	-۲۸۷۹۶۱۶۰۰
متان	۱۶۸۰	-۹۷۷	-۱۸۷۳	-۱۶۷۴۹۶۰	-۳۱۴۶۶۴۰
جمع				-۱۰۵۰۱۶۷۳۳۰	۱۸۰۰۳۰۴۱۶۰

مأخذ: ترازنامه انرژی و یافته‌های پژوهش

جدول ۴. میزان آلودگی و مقدار کاهش آن تحت سناریوهای مختلف (تن/درصد)

شرح / سناریو	سناریوی اول	سناریوی دوم
کل مقدار انتشار	۵۴۱۵۹۹۳۱۱	۵۳۱۷۱۸۲۵۶
میزان کاهش انتشار	-۱۳۴۷۸۷۹۹	-۲۳۳۵۹۸۵۴
درصد	-۲/۴	-۴/۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از آنجا که تغییر محاسبه شده برای شاخص رفاه بدون در نظر گرفتن منافع حاصل از کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین منافع ناشی از سرریز دانش است؛ توجه به این نکته ضروری است که در صورت مد نظر قرار دادن منافع مذکور، کاهش رفاه ناشی از اجرای سیاست، تعدیل می‌شود. نتایج حاصل از اعمال سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که پس از پرداخت یارانه در سناریوی اول انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲/۴ درصد کاهش می‌یابد. هزینه‌های اجتماعی ناشی از انتشار هر آلاینده در سال ۱۳۹۰به قیمت ثابت سال ۱۳۸۱ در ستون اول جدول ۳ مشاهده می‌شود. با توجه به کاهش مقادیر انتشار هر

آلاینده پس از پرداخت یارانه، هزینه‌های اجتماعی در سناریوی اول ۱۰۵۰۱۶۷۳۳۰ هزار ریال و در سناریوی دوم ۱۸۰۰۳۰۴۱۶۰ هزار ریال کاهش یافته است.[۱] همان‌طور که ملاحظه می‌شود کاهش در هزینه‌های اجتماعی در سناریوی دوم بیش از دو برابر سناریوی اول است. این امر بیانگر آن است که ترکیب یارانه و مالیات اثر بیشتری در کاهش آلودگی و کاهش هزینه‌های اجتماعی حاصل از آن دارد. میزان کاهش مقدار هر آلاینده و کاهش هزینه اجتماعی تحت دو سناریو در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین کل میزان انتشار آلودگی قبل و بعد از اعمال دو سناریو و درصد کاهش انتشار آلودگی در جدول ۴ نشان داده شده است.

میزان انتشار آلودگی در تراز انرژی بر اساس میزان تولید بخش‌های تصفیه نفت و ساخت فرآورده‌های نفتی، توزیع گاز طبیعی، زغال سنگ و فلزات اساسی (دارنده کوره‌های بلند) محاسبه و اعلام می‌گردد. کاهش مقادیر آلاینده‌ها در جدول ۴ به‌علّت کاهش مقدار تولید در سه بخش فرآورده‌های نفتی، توزیع گاز طبیعی و زغال سنگ است که در نتیجه اعمال سناریوها به‌وجود آمده است. در این میان بخشی از کاهش ایجاد شده به‌وسیله افزایش تولید فلزات اساسی جبران شده است. نتایج حاصل از تغییر تولید ناخالص داخلی بخش‌ها نشان می‌دهد که تولید ناخالص بخش‌های کشاورزی، صنایع کارخانه‌ای، تصفیه نفت و ساخت فرآورده‌های نفتی، توزیع گاز طبیعی، برق، خدمات و حمل و نقل کاهش یافته است.[۲] هر چند درصد کاهش تولید ناخالص بعضی از بخش‌ها بسیار ناچیز و کمتر از ۰/۵ درصد است. درصد کاهش تولید در دو بخش برق و توزیع گاز طبیعی از همه بخش‌ها بیشتر است. در مقابل میزان کاهش در تولید بخش تصفیه نفت و ساخت کک تحت سناریوی اول بسیار ناچیز و حدود ۰/۲۳ بوده و تحت سناریوی دوم، به واسطه وضع مالیات، به ۱/۹۹ درصد رسیده است. همچنین اگرچه تولید بخش فلزات اساسی افزایش یافته، ولی میزان این افزایش کمتر از ۰/۵ درصد است. در مجموع می‌توان گفت که در نتیجه اجرای هر دو سناریو، تولید ناخالص بخش‌های تولیدکننده انرژی شامل نفت خام و گاز طبیعی، تصفیه نفت و ساخت کک و بخش‌های انرژی‌بر شامل صنایع کارخانه‌ای و حمل و نقل کاهش یافته و میزان کاهش در سناریوی دوم نسبت به سناریوی اول بیشتر است. لذا می‌توان نتیجه گرفت نه تنها سیاست مالیات بر مصرف انرژی، بلکه سیاست یارانه به تحقیق و توسعه هم می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. اگرچه که ترکیب دو سیاست اثر بیشتری را به همراه خواهد داشت. جدول شماره ۵ درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی بخش‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۵. شاخص تولید ناخالص و درصد تغییرات آن تحت دو سناریوی مختلف

	شاخص تولید ناخالص داخلی		درصد تغییر تولید ناخالص داخلی	
بخش	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی اول	سناریوی دوم
کشاورزی	۰/۹۹۶۳	۰/۹۹۸۳	-۰/۳۷	-۰/۱۷
نفت خام و گاز طبیعی	۱	۱	۰/۰	۰/۰
زغال سنگ	۱	۱	۰/۰	۰/۰
معادن	۱	۱	۰,۰۰	۰,۰۰
صنایع کارخانه‌ای	۰/۹۹۵۳	۰/۹۹۴۸	-۰/۴۷	۰/۵۲
فلزات اساسی	۱/۰۰۳۶	۱/۰۰۳۹	۰/۳۶	۰/۳۹
تصفیه نفت و ساخت کک	۰/۹۹۷۷	۰/۹۸۰۱	-۰/۲۳	-۱/۹۹
برق	۰/۹۱۶۶	۰/۹۲۹۴	-۸/۳۴	-۷/۰۵
توزیع گاز طبیعی	۰/۹۵۷۹	۰/۹۳۸۲	-۴/۲۱	-۶/۱۸
خدمات	۰/۹۹۵۰	۰/۹۹۶۱	-۰/۵۰	-۰/۳۹
حمل و نقل	۰/۹۹۶۸	۰/۹۹۷۴	-۰/۳۲	-۰/۵۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

یکی از شاخص‌های مهم اقتصادی در هر کشور، شاخص شدت انرژی در بخش‌های مختلف تولیدی است. این شاخص بیانگر کارایی مصرف انرژی بوده و میزان مصرف انرژی برای هر واحد از تولید را اندازه‌گیری می‌نماید. میزان شدت انرژی قبل از اعمال سناریوها به ترتیب در بخش‌های حمل و نقل، برق و تصفیه نفت بیشترین مقدار و در بخش نفت خام کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. بعد از وضع مالیات بر مصرف انرژی همراه با پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری R&D، این شاخص در هم بخش‌ها بجز سه بخش حمل و نقل، تصفیه نفت و توزیع گاز طبیعی کاهش یافته است. هر چند میزان این

---

۱. کاهش در هزینه‌های اجتماعی از حاصل ضرب سه عامل میزان کاهش در شاخص تولید بخش انرژی، میزان آلاینده ایجاد شده در هر بخش و هزینه اجتماعی ناشی از آلاینده به دست می‌آید.

۲. از آنجا که الگوی حاضر یک الگوی تعادل عمومی است و با توجه به اینکه در این گونه الگوها تکانه وارده از طریق برآیند تغییر قیمت نسبی کالاها، عوامل تولید و کالاهای واسطه اثر خود را ایجاد می‌نماید، نمی‌توان دقیقاً مشخص کرد افزایش ناچیز صورت گرفته در تولید ناخالص این بخش به چه علّت است. به همین دلیل در بیان علّت فرآیند صورت گرفته در این الگوها اصطلاحاً از لفظ "جعبه سیاه" استفاده می‌کنند.

کاهش بسیار ناچیز و کمتر از ۰/۵ درصد است. علّت افزایش شدت انرژی در بخش‌های مذکور را می‌توان با اثر برگشتی[1] ناشی از افزایش کارایی انرژی که به‌دنبال اعمال سناریوها به‌وقوع می‌پیوندد، توجیه نمود. به‌عبارت دیگر، در نتیجه وضع مالیات بر مصرف انرژی و افزایش قیمت نسبی آن، در مرحله اول بنگاه‌ها با افزایش R&D از روش‌ها، وسایل تولید و مصرف کارآتر انرژی بهره خواهند گرفت. در مرحله بعد، در صورتی‌که این افزایش کارایی انرژی باعث شود بنگاه‌ها این نهاده را بیشتر مورد استفاده قرار دهند؛ اثر بازگشتی اتفاق افتاده و شدت انرژی نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۶ شدت انرژی در حالت اولیه (BAU)[2] و پس از اعمال مالیات بر مصرف انرژی همراه با پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در R&D را نشان می‌دهد.

جدول ۶. شدت انرژی قبل و بعد از اعمال مالیات و یارانه و درصد تغییر آن

بخش	شدت انرژی قبل از سیاست	شدت انرژی بعد از سیاست	درصد تغییر شدت انرژی
کشاورزی	۵/۱۲۳۱	۵/۰۵۶۵	-۰/۰۶۶۳
نفت خام و گاز طبیعی	۱/۳۰۶۵	۱/۲۸۹۲	-۰/۰۱۷۳
زغال سنگ	۵/۲۸۶۹	۵/۲۵۰۶	-۰/۰۳۶۲
سایر معادن	۵/۲۸۶۹	۵/۲۴۶۰	-۰/۰۴۰۸
صنایع کارخانه‌ای	۶/۱۷۴۶	۶/۰۹۸۱	-۰/۰۷۶۴
فلزات اساسی	۴/۸۶۳۲	۴/۸۳۴۴	-۰/۰۲۲۸
تصفیه نفت و ساخت کک	۱۵/۹۰۲۴	۱۵/۹۹۷۲	-۰/۰۹۴۷
توزیع گاز طبیعی	۴/۹۲۶۸	۵/۹۳۳۱	۱/۰۰۶۲
خدمات	۷/۷۳۹۵	۷/۶۰۴۵	-۰/۰۱۳۵
حمل ونقل	۲۰/۹۷۲۷	۲۱/۰۴۱۷	۰/۰۶۸۹
برق	۰/۱۹۸۲	۰/۱۸۳۰	-۰/۰۱۵۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵- بحث و نتیجه‌گیری

امروزه دستیابی به توسعه اقتصادی پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، از طریق اعمال سیاست‌های اقتصادی، یکی از مسائل مهم مورد توجه سیاست‌گذاران به شمار می‌رود. از جمله سیاست‌های مد نظر در این زمینه پرداخت یارانه به سرمایه‌گذاری در R&D و اخذ مالیات بر مصرف انرژی‌های فسیلی به منظور ایجاد تغییرات فنی مناسب در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در این راستا، تحقیق حاضر بدنبال تعیین نرخ یارانه لازم به سرمایه‌گذاری در R&D با هدف دو برابر نمودن سهم آن در تولید ناخالص داخلی کشور، با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی محاسبه‌پذیر، بوده است. تعیین نرخ یارانه لازم تحت دو سناریو مختلف صورت گرفته است. نتایج حاصل از تدوین و مقداردهی الگو نشان می‌دهد که در سناریوی پرداخت یارانه، نرخ یارانه لازم معادل ۱۰/۷۴ درصد به سرمایه‌گذاری در R&D می‌باشد. در سناریوی تأمین مالی یارانه‌های پرداختی از طریق وضع مالیات، نرخ یارانه معادل ۱۰/۲۱ درصد به سرمایه‌گذاری در R&D برآورد شده است. در این میان نرخ مالیات لازم معادل ۲/۸۶ درصد بر مصرف انرژی‌های فسیلی می‌باشد. اختلاف ۰/۵۳ درصدی نرخ یارانه به سرمایه‌گذاری در R&D در دو سناریو مطرح شده، بیانگر آن است که وضع مالیات انگیزه چندانی جهت انجام سرمایه‌گذاری در R&D توسط بخش‌های تولیدی ایجاد نمی‌نماید. علّت این امر می‌تواند وابستگی تولید به نهاده انرژی فسیلی و عدم انعطاف پذیری ساختار تولید باشد.

رفاه در هر دو سناریو به علّت کاهش مصرف و سرمایه‌گذاری فیزیکی کاهش یافته است. اگرچه این کاهش ناچیز می‌باشد. مسلم است که اگر اثر تعدیل در هزینه‌های اجتماعی حاصل از کاهش انتشار گازهای آلاینده، که در سناریوی اول و دوم به ترتیب معادل ۲/۴ و ۴/۲ درصد می‌باشد، را در تغییرات رفاه لحاظ نماییم، قسمتی از کاهش رفاه تعدیل خواهد شد. در نتیجه اجرای هر دو سناریو، تولید ناخالص بخش‌های تولیدکننده انرژی و بخش‌های انرژی‌بر شامل تصفیه نفت، صنایع کارخانه‌ای و برق کاهش می‌یابد. میزان کاهش در سناریوی دوم نسبت به سناریوی اول بیشتر است. بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت نه تنها سیاست مالیات بر مصرف انرژی، بلکه سیاست یارانه به تحقیق و توسعه هم می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. هر چند که ترکیب دو سیاست اثر بیشتری را به همراه خواهد داشت. بنابراین، به‌منظور کاهش بیشتر در آلودگی هوا، بکارگیری توأم هر دو ابزار یارانه به تحقیق و توسعه و مالیات بر مصرف انرژی فسیلی، به سیاست‌گذاران پیشنهاد می‌شود.

1. Rebound Effect
2. Business as Usual

منابع

انوشه، شهرزاد (۱۳۹۰). "اثر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی به تفکیک بخش‌های سرمایه‌گذار (مطالعه موردی کشورهای عضو سازمان کنفرانس اسلامی (OIC)". *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، شماره ۷، ۷۹-۵۹.

باقرزاده، علی و کمیجانی، اکبر (۱۳۸۹). "تحلیل اثر تحقیق و توسعه داخلی و خارجی بر بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران"، *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، شماره ۱، پیاپی ۱۱، ۱۱۹-۹۳.

برخورداری، سجاد و عظیمی، ناصر علی (۱۳۸۷). "اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت یارانه‌های تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی ایران". *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، شماره ۱۴، ۱۲۸-۱۱۱.

دلیری، حسن (۱۳۹۶). "بررسی اثر متقابل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه‌گذاری داخلی (مطالعه تطبیقی ایران و ۱۳۶ کشور دنیا)". *فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، دوره ۷، شماره ۲۶، ۹۶-۸۱.

دودانگی، محمد (۱۳۹۵). "عوامل مؤثر بر جذب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در ایران". فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، دوره ۶، شماره ۲۳، ۱۴۷-۱۳۱.

شهنازی، روح‌اله (۱۳۹۱). "عوامل مؤثر بر تولید صنایع با فناوری برتر در اقتصاد دانش محور (رهیافت Panel Data به روش GLS)". *فصلنامه رشد فناوری*، شماره ۳۳، ۱۲-۲.

مجدزاده طباطبایی، شراره؛ هادیان، ابراهیم و زیبایی، منصور (۱۳۹۵). "تعیین میزان یارانه مناسب جهت توسعه انرژی های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه با رهیافت تلفیقی". *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱۷، ۱۶۷-۱۲۷.

محمدزاده، اعظم؛ شهیکی تاش، محمد نبی و روشن، رضا (۱۳۹۵). "تعدیل مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای مصرف بر اساس تابع ترجیحات مارشالی". *فصلنامه تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، شماره ۲۵، ۴۲-۷.

مقدسی، رضا و طاهری، فرزانه (۱۳۹۱). "آثار اقتصادی و زیست محیطی دریافت مالیات بر آلودگی". *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، شماره ۱۵، ۱۱۲-۷۷.

مقیمی فیض‌آبادی، مریم؛ شاهنوشی، ناصر؛ دانش، شهناز؛ اکبری مقدم، بیت‌الله و دانشور کاخکی، محمود (۱۳۸۹). "بررسی آثار محیط زیستی مالیات سبز و کاهش یارانه سوخت در ایران". *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۷۵، ۱۰۸-۹۹.

وزارت نیرو (۱۳۹۲). "ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰". معاونت امور برق و انرژی.

Baccianti, C. & Löschel, A. (2014). "The Role of Product and Process Innovation in CGE Models of Environmental Policy". *Working Paper*, No 68. Welfare Wealth Work.

Ballard, C. L., Fullerton, D., B. Shoven, J. & Whalley, J. (1985). "A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation". Published in 1985 by University of Chicago Press.

Bramoullé, Y. & Olson, L. J. (2005). "Allocation of Pollution Abatement under Learning by Doing". *Journal of Public Economics*, 89, 1935-1960.

Fischer, C. & Newell, R. (2008). "Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation". *Journal of Environmental Economics and Management*, 55, 142-162.

Gerlagh, R. & Van Der Zwaan, R. (2006). "Options and Instruments for a Deep Cut in CO2 Emissions: Carbon Dioxide Capture or Renewables, Taxes or Subsidies?". *The Energy Journal*, 27(3), 25-48.

Goulder, L. H. & Mathai, K. (2000). "Optimal CO2 Abatement in the Presence of Induced Technological Change". *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 1-38.

Heggedal, T. R. & Jacobsen, K. (2011). "Timing of Innovation Policies when Carbon Emissions are Restricted: an Applied General Equilibrium Analysis". *Resource and Energy Economics,* 33, 913-937.

Klaassen, G., Miketa, S., Larsen, K. & Sundqvist, T. (2005). "The Impact of

R&D on Innovation for Wind Energy in Denmark, Germany and the United Kingdom". *Ecological Economics*, 54, 227-240.

Kverndok, S., Rosendahl, K. & Rutherford, T. (2004). "Climate Policies and Induced Technological Change: Which to Choose, the Carrot or the Stick?". *Environmental and Resource Economics*, 27, 21–41.

Lim, J. S. & Kim, G. K. (2012). "Combining Carbon Tax and R&D Subsidy for Climate Change Mitigation". *Energy Economics*, 34, 496-502.

Majdzadeh Tabatabaei, Sh., Hadian, E., Marzban, H. & Zibaei, M. (2017). "Economic, Welfare and Environmental Impact of Feed in Tariff Policy: A Case Study in Iran". *Energy Policy*, 102, 164-169.

Marshal, A. (1920). "Principeies of Economics". London, Macmillan.

Popp, D., Newell, R. G., Jaffe, A. B. (2010). "Energy, the Environment, and Technological Change". *Handbook of the Economics of Innovation*, II, 873-935.

Rutherford, T. F. (2005). "The Role of Carbon Taxes and R&D Subsidies in Climate Policy". *International Energy Work Shop Kyoto Japan*.

Schneider, S. & Goulder, L. (1997). "Commentary: Achieving Low-Cost Emissions Targets". *Nature*, 389, 13-14.

Sö derholm, P. & Klaassen, G. (2007). "Wind Power in Europe: A Simultaneous Innovation-Diffusion Model". *Environmental and Resource Economics*, 36, 163-190.

Söderholm, P. & Sundqvist, T. (2007). "Empirical Challenges in the Use of Learning Curves for Assessing the Economic Prospects of Renewable Energy Technologies". *Renewable Energy*, 32, 2559-2578.

Sue Wing, I. (2003). "Induced Technical Change and the Cost of Climate Policy". *Massachusetts Institute of Technology,* Cambridge, MA Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report, 112, 1-45.