پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۶۷-۱۲۹

تعیین میزان یارانه مناسب جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه با رهیافت تلفیقی

شراره مجدزاده طباطبایی[۱]

ابراهیم هادیان[۲]

منصور زیبایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳

چکیده

تحقیق حاضر بدنبال تعیین میزان یارانه لازم ، در جهت دستیابی به یک سهم مشخص برای انرژی‌های تجدیدپذیر در کل برق تولیدی می‌باشد. تعیین میزان یارانه مناسب تحت سناریوهای مختلف و با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه صورت گرفته و به منظور ورود جزئیات تکنولوژی تولید برق در سطح میانی، از رهیافت تلفیقی استفاده شده است. نتایج حاصل از تدوین و کالیبره نمودن الگو نشان می‌دهد که تحت سناریوی اعمال یارانه یکسان با هدف دستیابی به افزایش ۱۰ درصدی در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق، نرخ یارانه‌ای معادل۸۵۱ درصد مورد نیاز می‌باشد. در این حالت، با توجه به پتانسیل موجود، تنها تولید برق از محل انرژی تجدیدپذیر باد فعال شده و کماکان در تولید حاصل از انرژی خورشیدی و بیوگاز سوز رشدی مشاهده نمی‌شود. لذا برای ایجاد رشدی متوازن معادل ۴ درصد در هر کدام از انرژی‌های تجدیدپذیر بادی، خورشیدی و بیوگازسوز به ترتیب یارانه‌ای معادل ۸۸۷، ۱۷۷۶و ۱۵۸۵ درصد، متناسب با عدم مزیت نسبی آن‌ها، مورد نیاز است .بر این اساس تعرفه پیشنهادی برای خرید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر در سناریوی اول معادل ۴۱۰ تومان و در سناریوی دوم به ترتیب معادل ۴۲۶، ۸۵۲، ۷۶۰ تومان به ازای هر کیلو وات ساعت به قیمت سال ۱۳۹۰ می‌باشد.

واژگان کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، برق، قیمت‌گذاری تعرفه‌ای، مدل تعادل عمومی، رهیافت تلفیقی

طبقه‌بندی: JEL : H23, H72 , I30

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد انرژی و محیط زیست دانشگاه شیراز- نویسنده مسئول
Email:Sh_tabamajd@yahoo.com

۲ .دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه شیراز
Email:ehadian@rose.shirazu.ac.ir

۳. استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز
Email:zibaei@shirazu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

وجود سه مزیت عمده ایجاد ظرفیت ویژه برای توسعه اقتصادی، ارتقای عرضه و امنیت انرژی، حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی هوا در استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی حاصل از خورشید و باد را با هدف دستیابی به توسعه پایدار در کشورهای مختلف اعم از پیشرفته و در حال توسعه مطرح ساخته است. اگرچه که بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی در فرآیند تولید برق به لحاظ تکنولوژیکی امکان‌پذیر است، اما با توجه به آن‌که انرژی‌های تجدیدپذیر ساختار متفاوتی نسبت به تکنولوژی‌های انرژی متعارف داشته و هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در آنها در حد بالایی قرار دارد، هنوز از نظر اقتصادی با توجه به شرایط کنونی بازار قابل رقابت با سایر انواع انرژی‌های مورد استفاده در تولید برق نمی‌باشند. لذا توسعه و ایجاد رقابت در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در کوتاه‌مدت به کمک اشکال مختلف مداخلات و با استفاده از ابزارهای سیاست‌گذاری مختلف مورد توجه دولت‌ها قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات موجود جهانی اعمال سیاست‌های اقتصادی در این زمینه به کاهش هزینه تولید و افزایش ظرفیت تولید و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر منجر گردیده است.[1] در این میان سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای[2] (FIT) که عمدتاً با خرید تضمینی[3] برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر همراه است، از جمله سیاست‌های موفقی می‌باشد که در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای مختلف بکارگرفته شده است. این سیاست به صورت خرید برق تولید شده با استفاده ازانرژی‌های تجدیدپذیر به مبلغی بیشتر از نرخ برق تولیدی از محل انرژی‌های فسیلی در طول یک دوره معین اعمال می‌شود. اتخاذ سیاست‌های تشویقی از این زمره می‌تواند به افزایش اطمینان سرمایه‌گذاران و کاهش ریسک منجر شده و تمایل به سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدید پذیر را افزایش دهد.

1. World Bank (2011)
2 .Feed-in Tariff
3 .Guaranteed Purchase

Archive of SID

www.SID.ir

در سال‌های اخیر با توجه به سهم قابل توجه تولید برق در مصرف سالانه سوخت‌های فسیلی، یکی از سیاست‌های کشور در بخش انرژی مبتنی بر جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر بجای انرژی‌های فسیلی قرار گرفته است. به طوری‌که در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله (۱۴۰۴ ـ۱۳۸۴) سهمی معادل ۱۰ درصد برای انرژی‌های نو در ظرفیت تولید کل برق کشور در نظر گرفته شده است. در این میان نحوه اعمال و تعیین میزان تعرفه مناسب برای دستیابی به نرخ رشد معینی در انرژی‌های تجدیدپذیر، به گونه‌ای که کمترین هزینه را برای جامعه در کنار توجه به مسائل زیست محیطی به همراه داشته باشد، از جمله مسائلی که در زمینه بکارگیری سیاست (FIT) مطرح می‌باشد. اگر این سیاست به‌طور صحیحی طراحی نشود می‌تواند از نظر اقتصادی غیرکارا باشد. به‌عنوان نمونه اگر میزان یارانه پرداختی بیشتر از حد لزوم باشد، باعث افزایش قیمت برای مصرف‌کنندگان یا ایجاد بار هزینه‌ای بر دوش دولت‌ها می‌گردد.[1] لذا هدف از انجام تحقیق حاضر برآورد میزان تعرفه مناسب جهت دستیابی به سهم مشخصی از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق کشور، به صورت درون‌زا و تحت سناریوهای مختلف، با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه با رهیافت تلفیقی[2]، می‌باشد.

در ادامه بخش دوم به پیشینه موضوع ، بخش سوم به مبانی نظری، بخش چهارم به بیان ساختار الگو، بخش پنجم به بیان نحوه شبیه‌سازی و بیان نتایج و بالاخره بخش ششم به نتیجه‌گیری خواهد پرداخت.

۲-پیشینه پژوهش

در دهه گذشته، توجه به ضرورت استفاده از انرژی‌های پاک در سبد انرژی کشور، مطالعات اندکی در زمینه بررسی اقتصادی و پتانسیل فنی انرژی‌های تجدیدپذیر در داخل کشور را بدنبال داشته است. بریمانی و کعبی‌نژادیان(۱۳۹۳) با استفاده از آنالیز هزینه و فایده به تعیین قیمت تمام شده و تعرفه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر در ایران پرداخته و بر این اساس برای برق بادی و خورشیدی به ترتیب تعرفه‌ای معادل ۱۲/۷ و ۴۲/۴۰ سنت به

1. Lesser and Xuejuan (2008)
2. Hybrid Computable General Equilibrium

Archive of SID

www.SID.ir

ازای هر کیلو وات ساعت را پیشنهاد نموده‌اند. شریفی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی تأثیر یادگیری فنی بر سهم و جایگاه انرژی‌های تجدید پذیر در تولید برق کشور در شرایط یارانه‌ای بودن قیمت‌های انرژی و در صورت حذف یارانه‌ها با استفاده از الگو برنامه‌ریزی مارکال، به این نتیجه رسیده‌اند که اختلالات قیمتی ناشی از دخالت دولت در مکانیزم قیمت‌گذاری و امکان دسترسی به سوخت ارزان قیمت، سبب می شود که علی‌رغم وجود یادگیری فنی، همچنان فن‌آوری‌های تجدیدپذیر فاقد توان رقابت با سایر فن‌آوری‌های رایج در بازار باشند. سیاوشی و کرمپوریان (۱۳۸۹) با استفاده از روش تحلیلی بیان می‌دارند که انرژی باد در بین انرژی‌های تجدیدپذیر اقتصادی‌ترین وکم‌هزینه‌ترین روش تولید برق می‌باشد. آن‌ها معتقدند که مهم‌ترین دلیلی که می‌توان انرژی باد را به عنوان بهترین نوع انرژی انتخاب کرد، مسئله اشتغال‌زایی آن است. اسلاملوئیان و استادزاد(۱۳۹۰) سهم بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در مسیر رشد پایدار در اقتصاد ایران را معادل ۰/۸ درصد از کل انرژی‌ها تخمین زده‌اند. شریفی و همکاران(۱۳۹۲) به منظور حداکثر نمودن رفاه اجتماعی به کمک یک الگو کنترل بهینه و با استفاده از الگوریتم ژنتیک، مسیرهای بهینه جایگزینی انرژی خورشید و باد به جای سوخت‌های فسیلی در طی زمان در ایران را ترسیم نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت ثابت ماندن هزینه تبدیل انرژی خورشیدی و بادی و در نظر گرفتن نرخ تنزیل اجتماعی پنج درصد، انتقال انرژی‌های فسیلی به سمت انرژی خورشیدی و بادی در سال ۱۴۶۶ و با فرض کاهش ۵۰ درصدی هزینه تبدیل انرژی خورشید و باد در هر ده سال، این انتقال در سال ۱۴۰۹ می‌بایست صورت گیرد.

مطالعات خارجی متعددی نیز در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده که عمده این مطالعات جنبه تحلیلی و تجربی داشته است. برای نمونه می‌توان به تحقیقات انجام شده توسط وگلمات و لودج[1] (۲۰۰۳) برای کشور لهستان، شن و لیو[2] (۲۰۰۵)

1. Wohlgemuth & Lodej
2. Shen & Lua

Archive of SID

www.SID.ir

برای کشور چین، باتلر و نییوهاف[1](۲۰۰۸) برای کشورهای انگلستان و آلمان، دنبر و دیگران[2] (۲۰۰۸) برای اتحادیه مشترک اروپا ، سارف و دیگران[3] (۲۰۱۳) برای کامبوج، ماروسک و هاسکوا[4] (۲۰۱۴) برای چکسلواکی، استدلمن و کاسترو[5] (۲۰۱۴) برای ۱۱۲ کشور استفاده کننده از سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، اشاره نمود. نتایج حاصل از این نوع تحقیقات حاکی از آن است که انتخاب محل احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر به عنوان بزرگترین مانع تحت سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای محسوب می‌شود، در حالی که در سایر سیاست‌ها عدم اطمینان در رابطه با تامین مالی مهم‌ترین عامل در انگیزه سرمایه گذاری در انرژی های تجدید پذیر بشمار می‌رود. همچنین در سیاست خرید تضمینی برق شاهد رقابت سرمایه‌گذاران برای یافتن مکان-های مناسب و تشریک مساعی تولیدکنندگان توربین و خدمات ساخت تجهیزات مرتبط با انرژی های تجدید پذیر بوده اند.[6] علاوه بر آن هر نوع اضافه پرداخت یارانه‌ای به تولیدات غیرسودآور باعث کاهش توسعه تکنولوژی‌های جدید شده و باعث تخریب مکانیزم بازارآزاد می‌شود. این نشان می‌دهد که دولت باید پیشرفت انرژی‌های تجدیدپذیر را از طریق افزایش بار مالیاتی بر روی انرژی‌های قدیمی که باعث تخریب محیط زیست می‌شود قرار دهد.[7] از سوی دیگر نتایج این تحقیقات حاکی از آن است که مهم‌ترین ابزارهای مورد توجه در اتحادیه مشترک اروپا برای دستیابی به سهم بیست درصدی انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق در سال ۲۰۲۰ به ترتیب اولویت عبارت است از سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای، تعهدات سهمیه‌بندی[8] گواهینامه‌های سبز قابل مبادله[9] می‌باشد.[10] در حالی‌که مهم‌ترین سیاست‌های مشترکی

1. Butler and Neuhoff
2. Dannenber et al.
3. Sarraf et al.
4. Marousek & Haskova
5. Stadelmann & Castro

۶. همان منبع، شماره ۱، ص ۴

۷. همان منبع، شماره ۱

8. Quota Obligation
9. Tradable Green Certificated

۱۰. همان منبع، شماره ۲، ص ۴

Archive of SID

www.SID.ir

که در بین کشورهای درحال توسعه مورد استفاده قرار گرفته است، عبارت از تعریف اهداف مشخص، تهیه چارچوب سیاست‌گذاری وتحریک بخش انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق وضع مالیات بر بخش انرژی‌های تجدیدناپذیر یا پرداخت یارانه بوسیله اجرای سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. در زمینه تحقیقات انجام شده با استفاده از روش الگوسازی، می‌توان به تحقیق بور و لین[1] (۲۰۱۱) اشاره نمود. این تحقیق با استفاده از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه، به تجزیه و تحلیل سیاست یارانه‌ای قیمت‌گذاری تعرفه‌ای از نقطه‌نظر مؤثر بودن هزینه[2] پرداخته و برای به‌دست آوردن نرخ یارانه مناسب و هم‌چنین راه‌های مناسب برای اعمال آنها، به مقایسه دو گزینه مختلف برای دو نوع متفاوت نرخ یارانه اقدام نموده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مبالغ پرداختی در غالب یک قیمت ثابت برای برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند منجر به دستیابی به اهداف سیاست‌گذاری در رابطه با سهم مشخص انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور گشته و حداقل تأثیر را بر روی اقتصاد داشته باشد.

جمع‌بندی تحقیقات انجام شده داخلی حاکی از آن است که توسعه انرژی‌های نو در اقتصاد ایران نیازمند بکارگیری سیاست‌های حمایتی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به آنکه تکنولوژی‌های نو از درجات مختلف بلوغ اقتصادی برخوردار می‌باشند، می‌توان سیاست پرداخت یارانه متفاوت متناسب با نوع تکنولوژی را مد نظر قرار داد. لذا در تحقیق حاضر، این موضوع به‌وسیله در نظرگرفتن تفاوت در نوع پرداخت یارانه در سناریوهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر رهیافت مورد استفاده در تحقیقات گذشته از نوع جزء به کل[3] با تاکید بر جزئیات خاص تکنولوژی‌های مربوطه بدون توجه به تعاملات بین بخشی بوده است. لذا جهت رفع این اشکال ما با وارد نمودن جزئیات مربوط به تکنولوژی تولید برق از محل

1. Bor & Lin
2. Cost-Effectiveness
3. Bottom-up

Archive of SID

www.SID.ir

انرژی های مرسوم و انرژی های تجدیدپذیر در سطح میانی در یک الگوی تعادل عمومی، علاوه بر در نظر گرفتن نقش ابداعات و اختراعات در امر تولید، امکان توجه به تعاملات بین بخشی را در تعیین میزان تعرفه مناسب را مورد توجه قرار داده‌ایم.

۳- مبانی نظری

با وجود رشد استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه، هنوز فاصله زیادی تا پتانسیل بالقوه وجود داشته و سهم این نوع از انرژی‌ها در صنایع انرژی دنیا بسیار ناچیز است[1] چرا که در عمل توسعه بازار انرژی-های تجدیدپذیر با مشکلات چندی روبرو می‌باشد. یکی از اصلی‌ترین موانع موجود بر سر راه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، مشکلات اقتصادی ناشی از عدم محاسبه منافع خارجی[2] در استفاده از این منابع می‌باشد. بر اساس روش‌های سنتی حسابداری تکنولوژی‌های فعلی نسبت به اختراعات جدید ترجیح داده شده و این امر باعث چشم-پوشی از مزایای نوآوری‌های جدید به واسطه عدم درک صحیح از ارزش و مزایای واقعی آنها می‌گردد. مشکلات قانونی در زمینه سرمایه‌گذاری در تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله دیگر مشکلاتی است که بر سر راه توسعه این نوع از انرژی‌ها قرار دارد. در این میان می‌توان به وجود مقررات نظارتی و مسائلی از قبیل بوروکراسی اداری، عدم شفافیت در آیین نامه‌ها و مجوزهای تولید، عدم امکان دسترسی به شبکه‌ها و تغییر قوانین در این زمینه اشاره نمود[3]. به نظر لاتی[4](۲۰۱۱) عوامل ایجاد ریسک مانند پروسه‌های طولانی اداری از جمله عوامل حائز اهمیت در تصمیمات سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر است و این نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاران فاکتورهایی چون امنیت قانونی، طول فرایند اداری را در سیاست‌های

1. Luthi (2011)
2. External Benefit
3. Gross Blyth et al. (2010)

۴. همان منبع، شماره ۱

Archive of SID

www.SID.ir

اتخاذ شده مود توجه قرار می‌دهند. بالاخره وجود مشکلات اجتماعی از قبیل درک ضعیف عموم از انرژی‌های تجدیدپذیر و عدم پذیرش تولید برق در مقیاس‌های کوچک و غیر متمرکز از دیگر موانعی است که بر سر راه استفاده از تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر قرار دارد.[1] بدین ترتیب علیرغم تلاش‌هایی که در جهت کاهش هزینه‌های تولید از محل انرژی‌های تجدیدپذیر شده است، هنوز استفاده از این نوع از انرژی‌ها نسبت به انرژی‌های مرسوم، که از منافع ایجاد پدیده‌های خارجی منفی[2] در تعیین قیمت بازار استفاده می‌کنند، گران‌تر است. لذا سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، به دنبال ایجاد توجیه اقتصادی در استفاده از این نوع از انرژی‌ها می‌باشند.[3]

سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند تعریف اهداف، تعیین استراتژی برای دستیابی به آن، چارچوب نهادی که دولت بر اساس آن اولویت‌ها را مشخص نماید و همچنین ابزاری برای اجرای این استراتژی است. ابزارهای بکارگرفته شده در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در حالت کلی به ۵ گروه اصلی تقسیم می‌شوند که به طور خلاصه در جدول شماره یک نشان داده شده است. در بین ابزارهای مطرحه، سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای(FIT) یکی از متداول‌ترین سیاست‌هایی است که در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، بکار گرفته می‌شود. بررسی سیاست‌های اتخاذ شده برای اتحادیه مشترک اروپا نشان می‌دهد که از میان ابزارهای مزبور سیاست خرید تضمینی برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر کاراترین و موثرترین برنامه حمایتی در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.[4]

1. Zhou et al. (2011)
2. External Cost
3. Kissel & Krauter (2006)
4. Couture & Gagnon (2010)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. ابزارهای سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

	شرح ابزارها/ مشوق‌ها
مشوق‌های قیمتی	سیاست‌های تعیین تعرفه یا صرفه بیشتر از قیمت نقدی بازار
	مشوق‌ها بر پایه تولیدپرداخت صرفه برای استفاده از خدمات و تجهیزات داخلی
	کاهش هزینه‌های توزیع و انتقال برق
مشوق‌های مقداری یا تعهدات سهمیه‌ای	اهداف تعیین شده برای نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر
	استانداردهای سبد دارایی تجدیدپذیرکه با بازارهای اعتبار یا گواهینامه انرژی تجدیدپذیر به طورهمزمان بکار می‌رود و اصطلاحاً به‌عنوان بازارهای گواهینامه‌های سبز قابل مبادلهشناخته می‌شوند.
	سهمیه‌بندی که از طریق مکانیزم‌های رقابتی مانند سفارشات رقابتی و مزایده تدارکات دیده می‌شود.
مشوق‌ها و انگیزه‌های مالی	اعتبارات یا مشوق‌های مالیاتی، معافیت مالیاتی مانند استفاده از استهلاک شتابی
	یارانه پرداختی به سرمایه/ کمک‌های مالی
	اعطای وام‌های توجیحی و ضمانت پرداخت وام
	پرداخت یارانه یا وام برای فعالیت‌های تحقیق و توسعه
	تعرفه‌های سبز
معیارهای داوطلبانه	تمرکز سرمایه‌گذاری بر اساس سهامداران یا برنامه‌های توزیعی
روش‌های غیر مستقیم	وضع مالیات بر کربن
	برنامه‌های تجارت انتشار آلودگی و ایجاد محدودیت در تجارت
	ایجاد استانداردهای عملکرد و مجازات تعیین شده برای منابع آلودگی زیاد
	توافقات داوطلبانه

منبع: بانک جهانی(۲۰۱۱)

Archive of SID

www.SID.ir

طراحی سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای در حالت کلی درگیر با سه نوع از مقررات کلیدی است. در درجه اول بایستی تعرفه ترجیحی[۱] مشخص شده و سپس تضمین خرید برق تولید شده در یک دورهٔ معین به سرمایه‌گذار داده شود[۲] و در نهایت امکان دسترسی به شبکه برق[۳] برای وی تضمین گردد. تعرفه‌های مشخص شده در این سیاست می‌تواند مستقل از نوع تکنولوژی بوده و به صورت یکسان اعمال شود[۴] یا میزان تعرفه بر اساس نوع تکنولوژی تعیین گردد[۵]، همچنین می‌تواند از تعرفه‌های هموار[۶] یا از تعرفه‌های مرحله‌ای[۷] استفاده نماید. در تعرفه‌های هموار میزان تعرفه برای هر سطح از تولید ثابت بوده در صورتی‌که در تعرفه‌های مرحله‌ای مقدار تعرفه با توجه به سطح تولید تغییر می‌یابد. از سوی دیگر تعیین قیمت برق خریداری شده می‌تواند مستقل از وضعیت بازار بوده و از تعرفه‌های ثابت بدون توجه به نوسانات قیمت بازار[۸] استفاده شود یا تعیین تعرفه برای برق خریداری شده می‌تواند وابسته به وضعیت قیمت برق در بازار باشد. در گروه اول با مدل قیمت گذاری ثابت[۹] روبرو هستیم ، در این نوع از مدل قیمت گذاری تعرفه‌ای سیاست‌گذار اقدام به تعیین کف قیمت برای برق تولید شده از محل انرژی‌های تجدید پذیر می‌نمایند. روش پرداخت متغیر به صورت مبلغی مشخص بالاتر از قیمت بازار[۱۰] از جمله روش‌هایی است که در گروه دوم به کار گرفته می‌شود. کاوچر و گاگنون[۱۱] (۲۰۱۰) نشان دادند که اجرای سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای به صورت ثابت که عموما همراه با سیاست خرید تضمینی برق است[۱۲]، باعث کاهش ریسک سرمایه‌گذاری به صورت قابل ملاحظه‌ای می‌شود. چرا

1. Preferential Tariff
2. Guaranteed Purchase
3. Guaranteed Access to the Grid
4. Technology- Neutral
5. Technology Specific
6. Flat Tariffs
7. Stepped Tariffs
8. Fixed Tariffs
9. Fixed Price Model
10. Premium Price Model

۱۱. همان منبع، شماره ۴، ص ۸

۱۲. همان منبع شماره ۲ص ۴

Archive of SID

www.SID.ir

که مبلغ تعیین شده بر اساس ملاحظات زیست محیطی یا هزینه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته و تحت تأثیر نوسانات قیمت برق در بازار قرار نمی‌گیرد. از سوی دیگر خرید تضمینی برق بواسطه ایجاد تعهد در خرید برق توسط شرکت‌های توزیع برق، به خودی خود می‌تواند مهم‌تر از تعرفه تعیین شده برای جذب سرمایه‌گذاران در پروژه‌های مربوطه باشد. به عبارتی از آنجا که امنیت ایجاد شده برای پروژه‌های سرمایه‌بر با نسبت بالای هزینه‌های ثابت نسبت به متغیر از اهمیت بالاتری برخوردار است، این سیاست به واسطه ایجاد یک جریان نقدینگی مشخص، قادر به کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر بوده و به عنوان یک سیاست هزینه‌ای کارا شناخته شده است[۱]. نگاهی به تاریخچه این سیاست حاکی از سازگاری آن در طول زمان با روند بازار و اولویت‌های سیاست‌گذاری می‌باشد. امروزه توانایی این سیاست در تشویق سرمایه‌گذاری در پروژه‌ها بر اساس تکنولوژی‌های مختلف، مناطق مختلف و همچنین مقیاس‌های متفاوت، همراه با پیچیده‌تر شدن آن، امکان‌پذیر شده است. گذشته از قابلیت انعطاف‌پذیری در نحوه اجرای این سیاست در طول زمان، یکی از رموز موفقیت این سیاست ثبات و استمرار آن در چارچوب سیاست‌گذاری‌ها بوده است[۲].

در زمینه سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای مزایا و معایب اقتصادی چندی بیان می‌شود. مزایای عنوان شده شامل توانایی درتشکیل یک بازار امن و باثبات برای سرمایه گذاران[۳]، تحریک قابل توجه و رشد صنایع محلی و ایجاد اشتغال[۴]، پایین بودن هزینه‌های مبادله‌ای[۵] در این سیاست، توزیع عادلانه هزینه‌ها و منافع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بین مناطق مختلف جغرافیایی[۶]، رفع عدم اطمینان در زمینه امکان دسترسی به شبکه برق و افزایش امکان دسترسی به بازار برای سرمایه گذاران و بوجود آوردن امکان تشویق تکنولوژی‌ها در

1. Guillet & Midden(2009)
2. Ragwitz et al. (2007)
3. Ragwitz et al. (2007), Lipp (2007)
4. Lipp (2007), Fell (2009)
5. Transaction Cost

۶. همان منبع، شماره ۳

Archive of SID

www.SID.ir

سطوح مختلف از بلوغ آنها[۱] می‌باشد. در مقابل مزایای یاد شده، معایبی نیز برای این سیاست بیان شده است. اگر سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای به‌طور صحیحی طراحی نشود می‌تواند از نظر اقتصادی غیرکارا باشد. به‌عنوان نمونه اگر میزان یارانه پرداختی بیشتر از حد لزوم باشد، باعث افزایش قیمت برای مصرف‌کنندگان یا ایجاد بار هزینه‌ای بر دوش دولت‌ها می‌گردد.[۲] این مشکل زمانی مشهودتر است که با رشد تکنولوژی‌هایی که باهزینه بالاتری نسبت به سایر تکنولوژی‌ها دارند، روبرو باشیم[۳]. از سوی دیگر این سیاست به طور مستقیم به کاهش هزینه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر کمک نمی‌کند، بلکه تنها از طریق ایجاد یک جریان منظم درآمدی در طی ۱۵ ال ۲۵ سال برای تولیدکنندگان، امکان استهلاک آن هزینه‌ها را در طول زمان بوجود می‌آورد[۴] . لذا وجوه پرداختی ثابت باعث می‌شود که انگیزه کافی برای کاهش هزینه‌ها و یا بهبود بخشیدن به وضعیت تولید در بین سرمایه‌گذاران وجود نداشته باشد.[۵] به عبارتی این سیاست هیچ نوع رقابت قیمتی مستقیمی را بین سرمایه‌گذاران ایجاد نمی‌کند[۶] وخرید التزامی به‌صورت بالقوه می‌تواند اثرات در ساز و کار رقابتی ایجاد نماید، مگر آن‌که معیارهای پیشگیرانه مانند تساوی در دسترسی به منابع مالی برقرار گردد.[۷] همچنین کنترل میزان هزینه‌های ایجاد شده برای دولت، ناشی پرداخت یارانه، در طول اجرای سیاست به آسانی امکان‌پذیر نمی‌باشد. این مشکل بیشتر زمانی خود را نشان می‌دهد که سقفی برای سرمایه‌گذاری یا محدودیتی بر ظرفیت‌های ایجاد شده وضع نگردد[۸].

---

۱. همان منبع، شماره ۴

۲ .همان منبع، شماره ۱، ص ۳

3. Lipp (2007), Lesser and Xuejuan (2008

4. Lantz & Doris (2009)

5. Goodstein (1995)

۶. همان منبع، شماره ۲، ص ۴

۷. همان منبع، شماره ۴

۸. همان منبع، شماره ۴، ص۸

Archive of SID

www.SID.ir

٤- ساختار الگو

٤-١- تشریح معادلات الگو

به منظور تعیین میزان تعرفه مناسب در جهت دستیابی به رشد مشخصی در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، از یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه با رهیافت تلفیقی استفاده نموده‌ایم. در این چارچوب امکان ادغام یک مدل جزء به کل با مزیت در نظر گرفتن جزئیات تکنولوژی، با یک مدل کل به جزء[1] از نوع مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه مرسوم وجود دارد.[2] بدین‌ترتیب ضمن در نظر گرفتن تعاملات بین بخشی در چارچوب ساخته شده، با توجه به نقش ابداعات واختراعات، امکان تولید برق از طریق تکنولوژی‌های مختلف را نیز درنظر گرفته‌ایم. لذا اقدام به ورود جزئیات مربوط به تکنولوژی تولید برق در سطح میانی و در دو گروه تکنولوژی‌های فعال شامل برق فسیلی(گازی، بخاری، سیکل ترکیبی، دیزلی) و تکنولوژی‌های غیر فعال[3] شامل برق بادی، خورشیدی و بیوگازسوز در الگو شده است.

٤-١-١- تولید (عرضه داخلی کالاها)

ساختار بخشی در نظر گرفته شده برای بخش‌های تولیدی با تأکید بر نقش بخش‌های تولیدکننده و مصرف‌کننده انرژی در اقتصاد می‌باشد. هر بخش یک کالا تولید می‌نماید و بجز بخش برق، تولید هر کالا تنها توسط یک تکنولوژی خاص صورت می‌گیرد. تفاوت اصلی این الگو در سمت عرضه اقتصاد نسبت به الگوهای تعادل عمومی قابل محاسبه(CGE) مرسوم آن است که برای بخش برق امکان تولید برق با استفاده از تکنولوژی‌های مختلف درنظر گرفته شده است. بدین ترتیب این بخش به

---

1. Top-down

۲. روش‌های مختلفی برای بکارگیری رهیافت تلفیقی در الگوهای تعادل عمومی وجود دارد، که ما در اینجا از روش پرونی و رادرفورد(۱۹۹۵) استفاده نموده‌ایم.

۳. سهم ۰/۲۱درصدی تکنولوژی‌های تجدیدپذیر در سال ۱۳۹۰ در تولید برق و عدم اتصال برق تولیدی به شبکه سراسری توزیع برق، بیانگر آن است که در سال مزبور عملا تکنولوژی های نو در زمره تکنولوژی های غیر فعال قرار داشته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

زیر بخش‌های تولید برق توسط تکنولوژی‌های فعال شامل تولید برق از محل انرژی‌های فسیلی(گازی، بخاری، سیکل ترکیبی، دیزلی) و تولید برق توسط تکنولوژی‌های غیر فعال شامل برق بادی، خورشیدی و بیوگازسوز تقسیم شده است. بر اساس قضایای دوگانگی[1] ، برای نشان دادن هر کدام از تکنولوژی‌های تولید برق، از یک تابع هزینه با ضرایب ثابت[2] که توسط رابطه ۱ مشخص شده است، استفاده نموده‌ایم. با توجه به جمع‌پذیر بودن تولید برق، تابع هزینه واحد تولید کل برق از جمع توابع هزینه واحد[3] برای j امین تکنولوژی بدست آمده و توسط رابطه ۲ نشان داده شده است.

$$C_j = \frac{1}{\alpha_{0j}} \sum_{i=1}^{N} \frac{P_i}{\alpha_{ij}} \qquad (۱)$$

$$g(P) = \sum_j S_j C_j \qquad (۲)$$

به‌طوریکه C_j هزینه واحد تولید هر کیلو وات ساعت برق از محل تکنولوژی j ام، $i=1,\ldots\ldots,N$ تعداد نهاده های تولید، α_{0j} و α_{ij} ضرایب تکنولوژی و P_i قیمت نهاده i ام، S_j سهم هر تکنولوژی در تولید برق و $g(p)$ تابع هزینه واحد کل تولید برق می‌باشد. در این چارچوب با ایجاد تفاوت در تابع هزینه واحد تولید برق از محل تکنولوژی‌های مختلف امکان تغییر در سهم هر تکنولوژی در تولید برق در نتیجه تغییر در سودآوری در امر تولید را بوجود آورده‌ایم. به عبارتی آن تکنولوژی که تولید را با هزینه کمتری به ثمر می‌رساند، دارای سهم بیشتری در تولید برق خواهد بود. آنگاه تغییرات فنی در الگو به صورت برون‌زا بواسطه اعمال سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای بوقوع پیوسته و با کاهش هزینه‌های تولید به افزایش در سهم تولید برق از محل انرژی‌های غیرفسیلی می‌انجامد.[4] بدین ترتیب دولت با پرداخت یارانه به برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر باعث افزایش سودآوری یا به

1. Duality Lemma
2. Fixed Coefficient Function
3. Unit Cost Function
4. Bohringer & Rutherford (2006)

Archive of SID

www.SID.ir

تعبیری کاهش هزینه نهایی تولید برق از محل انرزی‌های تجدیدپذیر خواهد شد. در این راستا جهت تعیین میزان یارانه مناسب جهت دستیابی به یک هدف مشخص از ساختار الگوسازی MPSGE[1] استفاده نموده‌ایم. در این نوع از الگوسازی، برای مدل‌های تعادل عمومی، یارانه به عنوان یک متغیر کمکی[2] قیمتی وارد الگو شده و متناظر با آن از یک قید سهمیه‌بندی که بیانگر سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق است، استفاده می‌شود.

جدول شماره ۲ به اختصار ساختار بخش‌های تولیدی را نشان می‌دهد. توابع تولید در نظر گرفته شده برای بخش‌های تولیدی، بجز بخش برق، از نوع توابع تولید با کشش جانشینی ثابت لایه‌ای[3] می‌باشد. اگر چه که ساختار لایه‌بندی در توابع تولید برای بخش‌های تولید انرژی فسیلی، تبدیل انرژی و کالاهای غیر انرژی متفاوت است. در ساختار در نظر گرفته شده، عوامل تولید در گروه ارزش افزوده قرارگرفته و در یک لایه خاص، از نهاده‌های واسطه‌ای جدا شده‌اند. از آن گذشته به منظور بررسی امکان جانشینی بین انواع انرژی، انرژی را از سایر کالاهای واسطه‌ای جدا نموده و در یک لایه مستقل قرار داده‌ایم. در این ساختار تولیدکنندگان می‌توانند در امر تولید از کالاهای واسطه‌ای وارداتی یا داخلی بر اساس کشش آرمینگتون استفاده نماید. در لایه مربوط به عوامل تولید فرض کرده‌ایم که عوامل تولید نیروی کار و سرمایه قابلیت جایگزینی در صنایع مختلف را در مواجه با اتخاذ سیاست‌ها دارا می‌باشند. برای صنایع تولید انرژی فسیلی و تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر، عوامل تولید اولیه شامل منابع طبیعی نیز می‌باشند. در هر لایه، کشش جانشین بیانگر درجه جانشینی بین نهاده‌ها در پاسخ به تغییرات قیمتی نهاده‌ها می‌باشد.

1. Mathematical Programming System for General Equilibrium Model(Rutherford,1992)
2. Auxiliary Price Variable
3. Nested CES production function

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. ساختار بخش‌های تولیدی

بخش های تولیدی	گروه تقاضا ی مصرفی	اجزاء
حمل و نقل	غیرانرژی	حمل و نقل زمینی، ریلی و سایر
صنایع انرژی‌بر	غیرانرژی	فلزات اساسی
		تولید سایر محصولات فلزی
		تولید محصولات کانی غیرفلزی
		تولید مواد و محصولات شیمیایی
		تولید محصولات غذایی و آشامیدنی
		سایر صنایع انرژی‌بر
صنایع تبدیل انرژی	انرژی	تصفیه نفت
		تصفیه و توزیع گاز
		تولید و توزیع برق
تولید سوخت فسیلی(انرژی اولیه)	انرژی	تولید نفت خام و گاز طبیعی
		تولید زغال سنگ
سایرین	غیرانرژی	تولیدات کشاورزی
		سایر تولیدات

منبع: یافته‌های پژوهش

٤-۱-۲- واردات و صادرات

با فرض یک اقتصاد باز کوچک و برقراری فرض آرمینگتون[1]، کشور گیرنده قیمت از بازار جهانی بوده و کالاهای تولیدی در داخل و کالاهای وارداتی جانشینان ناقص برای یکدیگر می‌باشند. بدین ترتیب تابع تلفیقی آرمینگتون به صورت تابع با کشش جانشینی ثابت (CES) برای دو کالای وارداتی و داخلی، توسط رابطه ۳ بیان می شود.

$$X_i = A_i^c \left[\delta_i M_i^{-\rho_i} + (1-\delta_i) X_i^{XD-\rho_i} \right]^{-\frac{1}{\rho_i}} \qquad (۳)$$

که در آن Mi میزان واردات از کالایi ام و X_i^{XD} میزان کالای تولید شده و مصرف شده در داخل از کالایi ام و Xi کالای ترکیبی آرمینگتون وρi پارامتر تعیین کننده کشش جانشینی آرمینگتون بین کالای داخلی و وارداتی می‌باشد. تابع تقاضا برای صادرات

1. Armington Assumption

Archive of SID

www.SID.ir

توسط رابطه ۴ و تابع انتقال با کشش جانشینی ثابت[1] (CET)، با فرض وجود کشش جانشینی بین کالای تولید شده و مصرف شده در داخل با صادرات، توسط رابطه ۵ تعریف شده است.

$$E_i = E_0(\frac{\pi_i}{PE_i})^{\eta_i} \quad (۴)$$

$$X_i^D = A_i^T \left[\gamma_i E_i^{\phi_i} + (1-\gamma_i) X_i^{XD\phi_i}\right]^{-\frac{1}{\phi_i}} \quad (۵)$$

که در آن‌ها π_i بیانگر میانگین وزنی قیمت جهانی برای کالای i ام ، PE_i قیمت کالای صادراتی i ام ، ER نرخ ارز واقعی، E_iصادرات کالای iام، E_0 پارامتر ثابت ، η_i کشش قیمتی تقاضا برای صادرات، φ پارامتر تعیین کننده کشش انتقال ثابت، Xi^D تولید داخلی کالای i ام و γ_i پارامتر سهم می‌باشد. همچنین به پیروی از مدل کاندون و همکاران[2] (۱۹۸۷) نرخ ارز و میزان کسری در تراز پرداخت‌های خارجی را در الگو ثابت فرض نموده‌ایم.

٤-١-٣- تقاضای مصرف کننده(مصرف خصوصی)

یک مصرف‌کننده نماینده را در نظر گرفته‌ایم که مالک تمام عوامل تولید، به‌جز منابع طبیعی که در انحصار دولت قرار دارد، می‌باشد. مصرف کننده نماینده بدنبال کسب حداکثر مطلوبیت حاصل از مصرف کالاها و خدمات خریداری شده، با توجه به درآمد حاصل از منابع در دسترس شامل عوامل تولید اولیه (نیروی کار و سرمایه و زمین) می‌باشد. در این چارچوب مطلوبیت کسب شده به‌عنوان یک کالای تولیدی در نظر گرفته شده و ترجیحات مصرف‌کننده توسط تابع هزینه با کشش جانشینی ثابت مرحله‌ای الگوسازی شده است. کالاهای مصرفی در دو آشیانه کالاهای انرژی و غیر انرژی با کشش‌های جانشینی متفاوت طبقه بندی شده است. توابع تقاضای جبرانی برای کالا و خدمات برا ساس قضیه شفرد به کمک تابع مخارج استخراج شده است.

1. Constant Elasticity Transformation Function
2. Condon et al.

Archive of SID

www.SID.ir

٤-۱-٤- تقاضای بخش دولتی

با توجه به مالکیت منابع سوخت فسیلی، شامل نفت خام و گاز طبیعی و بخشی از ذخایر ذغال سنگ توسط بخش دولتی در اقتصاد ایران، دولت مخارج خود را علاوه بر خالص مالیات‌ها از محل فروش این منابع تأمین می‌نماید. مخارج دولت شامل مخارج صرف شده بر روی انرژی و کالاهای نهایی تولید شده توسط بخش خصوصی بوده و برای الگوسازی این مخارج از تابع مخارج با ضرایب ثابت استفاده نموده‌ایم. لذا فرض می‌کنیم که هر کالا در سبد مصرفی دولت نسبت ثابتی از کل مخارج مصرفی دولت را به خود اختصاص می‌دهد.

٤-۱-۵- تقاضای سرمایه‌گذاری

اگر چه که در مدل‌های ایستای تعادل عمومی، ذخایر سرمایه ثابت فرض شده و این بدان معنی است که سرمایه‌گذاری در دوره مورد نظر به ذخایر سرمایه موجود اضافه نمی‌شود، امادر عین حال برای برقراری اتحادهای حسابداری در سیستم بایستی اندازه و ترکیب تقاضای سرمایه‌گذاری مشخص گردد. در سطح کلان، فرض می‌کنیم که پس‌انداز و مصرف خصوصی جامعه ضریبی ثابت از درآمد قابل تصرف می‌باشد. همچنین فرض می‌کنیم که سطح سرمایه‌گذاری توسط پس‌انداز کل اقتصاد شکل می‌گیرد. در این حالت قانون بستار[1] تعیین میزان سرمایه‌گذاری کل بر اساس میزان پس‌انداز جامعه می‌باشد. بدین‌ترتیب پس‌انداز کل ناخالص جامعه از مجموع پس‌انداز خانوارها به صورت درصدی از درآمد قابل تصرف، پس‌انداز دولت به صورت مازاد بودجه و پس‌انداز خارجی به صورت کسری در تراز پرداخت‌های خارجی شکل می‌گیرد. سپس فرض می‌کنیم که میزان نقدینگی در دسترس هر بخش مقصد[2] برای امر سرمایه‌گذاری، نسبت ثابتی از پس‌انداز کل جامعه است. میزان تشکیل سرمایه توسط بخش‌های تولید کننده سرمایه (بخش‌های مبداء) توسط رابطه ۶ محاسبه گردیده است.

1. Closure Role

۲. بنا به تعریف بخش‌های مقصد سرمایه‌گذاری به بخش‌های خریدار کالاهای سرمایه‌ای و بخش‌های مبداء یا منشاء سرمایه‌گذاری به بخش‌های تولیدکننده کالاهای سرمایه‌ای اطلاق می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

$$Z_i = \sum_j h_{ij} \frac{H_j (S - \sum_i ST_i)}{\sum_i p_i h_{ij}} \qquad (۶)$$

که در آن Z_i میزان تشکیل سرمایه ثابت در بخش مبداء i ام ، P_i قیمت یک واحد از کالای i ام که به عنوان سرمایه در بخش j ام بکار می‌رود، $\sum_i p_i h_{ij}$ قیمت یک واحد سرمایه در بخش j ام و h_{ij} عنصر (i,j) ماتریس ضرایب سرمایه‌گذاری[1] است. ضرایب این ماتریس بیانگر سهم کالای i ام در تشکیل سرمایه بخش j ام، می‌باشند. همچنین فرض کرده‌ایم که سرمایه‌گذاری در موجودی انبار بخش‌های مبداء نسبت ثابتی از محصول آن بخش می‌باشد. در رابطه ۷، ST_i بیانگر سرمایه‌گذاری در موجودی انبار توسط بخش مبدا iام و V_i بیانگر نسبت ثابتی از محصول بخش iام است که به صورت تشکیل سرمایه در موجودی انبار درخواهد آمد.

$$ST_i = V_i X_i^D \qquad (۷)$$

٤-۲- اتحادهای حسابداری

الف)شروط تسویه بازارها

-شرط تسویه بازار برای کالاهای تولید داخل بجز انرژی برق: این شرط بیانگر آن است که ارزش کالای ترکیبی تولید شده بایستی با جمع مصرف خانوارها، مصرف دولتی، سرمایه‌گذاری ثابت، سرمایه‌گذاری در موجودی انبارها و مصرف کالاهای واسطه‌ای و صادرات برابر باشد.

-شرط تسویه بازار برای تولید برق: با توجه به در نظر گرفتن نوع تکنولوژی تولید برق در بخش تولید این کالا، عرضه کل برق از جمع عرضه برق توسط تکنولوژی‌های مختلف حاصل خواهد شد که با تقاضای واسطه‌ای بنگاه‌ها و مجموع تقاضای نهایی که شامل تقاضای داخلی و صادرات می‌باشد، برابر است .

1. Investment Coefficient Matrix

Archive of SID

www.SID.ir

–شرط تسویه بازار برای کالاهای وارداتی: این شرط بیانگر برابری کالاهای وارداتی با مجموع تقاضای نهایی بخش خصوصی و دولتی و تقاضا برای نهاده‌های واسطه‌ای وارداتی در امر تولید می‌باشد.

–شرط تسویه بازار برای عوامل تولید: بر اساس این شرط کل عرضه عوامل تولید توسط نهادها، با تقاضا برای عوامل تولید برابراست. عوامل تولید به دوبخش سرمایه و نیروی کار (ارزش افزوده) و منابع سوخت فسیلی تقسیم شده‌اند. عرضه نیروی کار و سرمایه توسط خانوارها صورت گرفته و درآمد حاصل از آن به صورت مازاد عملیاتی و درآمد مختلط نصیب خانوارها می‌گردد. از سوی دیگر مالکیت منابع نفت و گاز طبیعی و همچنین بخشی از ذخایر ذغال سنگ در اختیار دولت بوده و درآمد حاصل از آن به صورت اجاره[1] به بخش دولتی تعلق می‌گیرد. مابقی منابع ذغال سنگ در مالکیت خانوارها قرار دارد و درآمد حاصل از آن به خانوارها تعلق خواهد گرفت.

ب) شروط توازن بودجه

–قید توازن بودجه برای نهاد خانوارها: خانوار نماینده، مالکیت نیروی‌کار، سرمایه و بخشی از منابع سوخت فسیلی شامل ذغال سنگ را دارا می‌باشد. وی درآمد حاصل از عوامل تولید پس از کسر مالیات را به امر مصرف و پس‌انداز اختصاص می‌دهد. وجوه پس‌اندازی بر اساس میل نهایی به پس‌انداز در اقتصاد شکل گرفته و تعیین کننده میزان سرمایه‌گذاری کل در اقتصاد می‌باشد.

–قید توازن بودجه برای نهاد دولت: با توجه به ساختار بخش دولتی در اقتصاد ایران ، فرض می‌کنیم که دولت از دو طریق کسب درآمد می‌نماید. از یک سو با توجه به مالکیت دولت بر منابع سوخت فسیلی، شامل نفت و گاز طبیعی به طور کلی و بخشی از منابع ذغال سنگ که برای تولید سوخت فسیلی به‌کار می‌رود، بخش اعظمی از درآمدهای دولت از محل فروش این منابع حاصل می‌گردد، که در مدل به صورت برون‌زا در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر دولت از محل اخذ خالص مالیات‌ها شامل درآمدهای حاصل از

1. Rent

Archive of SID

www.SID.ir

خالص مالیات‌های دریافتی بر محصول(مالیات / یارانه پرداختی بر واردات و یا صادرات کالا و خدمات)، خالص مالیات‌های دریافتی بر فعالیت‌های تولیدی(مالیات بر نیروی کار، مالیات بر ارزش افزوده و هر نوع مالیاتی که بر فعالیت‌های تولیدی بنگاه‌ها وضع می‌شود) ، اقدام به کسب درآمد می‌نماید. شرط توازن بودجه بیان کننده آن است که مجموع درآمدهای دولت با مجموع مخارج مصرفی دولت و پس‌انداز دولتی(مازاد بودجه) برابر باشد.

ج)شروط سود صفر

-شرط سود صفر در بخش تولیدی:بر اساس این شرط در بخش تولید محصول خالص از مالیات باید با ارزش نهاده‌های اولیه و واسطه‌ای خالص از مالیات برابر باشد.

- شرط سود صفر برای کالاهای وارداتی: این شرط بیانگر آن است که ارزش کل واردات خالص از مالیات بر واردات بایستی با ارزش کل صادرات خالص از مالیات یا یارانه‌های پرداختی و خالص پس‌انداز خارجی برابر باشد.

- شرط سود صفر برای مصرف خصوصی خانوارها: ارزش تقاضای مصرف‌کننده برابر با ارزش کالاهای داخلی و وارداتی خالص از مالیات باشد.

-شرط سود صفر برای مصرف دولتی: مانند خانوارها ارزش تقاضا بخش دولتی برابر با ارزش کالاهای داخلی و وارداتی خالص از مالیات است.

٤-٣- معادلات قیمت

با فرض برون زا بودن قیمت جهانی صادرات و واردات بر حسب پول خارجی در یک اقتصاد باز کوچک، روابط۸ و ۹ بیانگر قیمت کالای وارداتی و صادراتی بر حسب پول داخلی می‌باشد.

$$PM_i = PWM_i\ (1+tm_i).ER \qquad (۸)$$

$$PE_i = PWE_i\ (1+te_i).ER \qquad (۹)$$

که در آن‌ها PM_i قیمت کالای وارداتی بر حسب پول داخلی، PE_i قیمت کالای صادراتی بر حسب پول داخلی، tm_i نرخ مالیات بر واردات، te_i نرخ مالیات/سوبسید بر صادرات و ER نرخ ارز می‌باشد. قیمت‌های خالص کالاهای تولید شده در داخل که پس

Archive of SID

www.SID.ir

از کسر مالیات غیرمستقیم به ازای هر واحد کالا نصیب تولید کننده می‌شود، توسط رابطه ۱۰ تعیین شده است.

$$PN_i = PD_i\,(1 - rtd_i) \qquad (۱۰)$$

که در آن PN_i قیمت خالص کالای i ام که نصیب تولید کننده می‌شود، PD_i قیمت بازاری کالای تولید شده در داخل کشور و rtd_i نرخ مالیات غیر مستقیم بر تولید کالاهای تولید شده در داخل می‌باشد. روابط ۱۱ و ۱۲ بیانگر قیمت کالای مرکب[1] وارداتی-داخلی و صادراتی- داخلی می‌باشد.

$$PX_i = \frac{M_i}{X_i} PM_i + \frac{X_i^{XD}}{X_i} PD_i \qquad (۱۱)$$

$$PX_i^D = \frac{E_i}{X_i} PE_i + \frac{X_i^{XD}}{X_i} PD_i \qquad (۱۲)$$

قیمت یک واحد سرمایه در بخش jام توسط رابطه ۱۳ تعیین می‌شود که در آن P_i قیمت یک واحد از کالای i ام که به عنوان سرمایه در بخش j ام بکار می‌رود و h_{ij} سهم کالای i ام در تشکیل سرمایه بخش j ام، می‌باشد.

$$pK_i = \sum_i p_i h_{ij} \qquad (۱۳)$$

در الگوی تعادلی مورد نظر، قیمت نهاده‌ها و عوامل تولید در سال پایه برابر یک در نظر گرفته شده است. قیمت‌های ناخالص، با توجه به مالیات‌های وضع شده یا یارانه‌های پرداختی توسط روابط ۱۴و۱۵ تعیین شده است.

$$\tilde{PD}_{ij} = PD_{ij}\,(1 + rtd_{ij}) \qquad (۱۴)$$

$$\tilde{PM}_{ij} = PM_{ij}\,(1 + rtm_{ij}) \qquad (۱۵)$$

1. Composite Goods

Archive of SID

www.SID.ir

٤-٤ - پایه اطلاعاتی و روش حل الگو

جهت محاسبه ضرایب و مقادیر متغیرهای برون زا از ماتریس حسابداری اجتماعی۷۱ بخشی سال ۱۳۹۰ که توسط مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی تدوین شده، استفاده شده است. سپس به منظور ایجاد سازگاری ماتریس مزبور با اهداف در نظر گرفته شده برای تحقیق حاضر، با انجام تعدیلاتی در آن اقدام به تهیه یک ماتریس ۱۴ بخشی مطابق با بخش-های ذکر شده در جدول شماره دو گردیده است. همچنین به منظور تدوین ماتریس سرمایه-گذاری بین بخشی از اطلاعات موجود در ماتریس حسابداری اجتماعی و آمار منتشر شده در بر اساس کارگاه‌های صنعتی ده نفر و بیشتر و آمار معادن کشور در سال ۱۳۹۰ استفاده شده است.[1] برای تفکیک میزان تولید برق در سال پایه از اطلاعات آماری تراز انرژی سال ۱۳۹۰ و برای تعیین هزینه تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر، از اطلاعات مهندسی و مقادیر برآورد شده برای هزینه تولید برق هم‌تراز شده[2](LEC) توسط گروه مطالعات استراتژیک و اقتصادی معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سازمان انرژی‌های نو(سانا)، استفاده شده است.رابطه ۱۶ نحوه محاسبه LEC را نشان می‌دهد، که در آن I_t هزینه سرمایه‌گذاری در سال t ام، M_t هزینه نگهداری و تعمیرات در سال t ام، F_t هزینه سوخت در سال t ام و E_t میزان تولید برق در سال t ام می‌باشد. همچنین جداول شماره ۳ و ۴ به ترتیب مفروضات برآورد و میزان برآورد هزینه برای انواع تکنولوژی تولید برق را نشان می‌دهد.

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}} \qquad (۱۶)$$

۱. به منظور رعایت اختصار از بیان تمامی مراحل محاسبات خودداری شده، لذا چنانچه خوانندگان محترم تمایلی به دستیابی به اطلاعات مزبور داشته باشند می‌توانند با مولفین تماس حاصل نمایند

2. Levelized Cost

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. مفروضات برآورد هزینه تولید برق هم‌تراز شده (LEC)

مفروضات محاسبه	هزینه سرمایه گذاری (دلار بر کیلووات)	هزینه تعمیر و نگهداری (سنت دلار بر کیلووات ساعت)	ضریب تولید خالص (درصد)	عمر نیروگاه (سال)
گازی بزرگ	۱۸۹	/۱۵	٤۲/٥	۲٥
سیکل ترکیبی	٥٥۹	/۱۸	۷۷/٥	۳۰
بادی	۱٤۰۰	۱/٥	۳۰	۲٥
فتوولتائیک	۱۷۰۰	/۷۹	۱۸	۲٥
زمین گرمایی	۷۳٤۲	/۸٤	۸٥	۳۰
لندفیل-زباله شهری	۲٥۰۰	٤/۰۰	٦۸	۱٥
زباله سوز- زباله شهری	٦۲٥۰	۲/٥۰	۷٥	۲٥
هاضم- زباله شهری	۹۰۰۰	۳/٥۰	۷٥	۳۰
گازی سازی- زائدات کشاورزی	٤۱٦۷	۲/۰۰	۷٥	۲٥

ماخذ: گروه مطالعات استراتژیک و اقتصادی معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سازمان انرژی‌های نو(سانا)

جدول ٤. هزینه تولید برق هم‌تراز شده (LEC)

هزینه(سنت دلار بر کیلووات ساعت)/شرح	متوسط انرژی فسیلی	انرژی بادی	انرژی فتوولتائیک	متوسط انرژی بیو گاز سوز	نوع هزینه/نسبت	هزینه بادی به فسیلی	هزینه خورشیدی به فسیلی	هزینه بیوگاز سوز به فسیلی
هزینه ثابت	۷ ۰/۲	٥/۸۷	۱۱/۸۸	۹/۳۸	هزینه ثابت	۸/۱۹	۱٦/٥۸	۱۳/۰۹
هزینه سوخت	۸/٦۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	هزینه تعمیر و نگهداری	۹/۲۳	۴/۸٦	۱۸/۴٦
هزینه تعمیر و نگهداری	۰/۱٦	۱/٥۰	/۷۹	۳/۰۰	کل هزینه ها بجز سوخت	۸/۳۹	۱۴/۴۲	۱۴/۰۹

ماخذ: گروه مطالعات استراتژیک و اقتصادی معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سازمان انرژی‌های نو(سانا)

الگوی طراحی شده با استفاده از زبان برنامه‌نویسی MPSGE[1] تحت نرم افزار GAMS[2] حل شده است. مقادیر کشش‌های جانشینی بین نهاده‌ها و عوامل تولید و همچنین کشش جانشینی آرمینگتون در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. مقادیر کشش‌های جانشینی از مطالعه موسسه تحقیقات تغییرات آب و هوایی مشترک جهانی[3] و مقادیر کشش جانشینی

1. Mathematical Programming System for General Equilibrium Model(Rutherford,1992)
2. GAMS(Brooke et al., 1999)
3. Joint Global Research Institute

Archive of SID

www.SID.ir

آرمینگتون از مطالعه کفایی و میری (۱۳۹۰) برگرفته شده است. مقدار کشش قیمتی تقاضا برای صادرات با استفاده از مطالعه اشراف‌زاده و ارمکی(۱۳۸۵) معادل ۰/۵۹- در نظر گرفته شده است.

جدول ۵. مقادیر کشش‌های جانشینی

بخش / شرح	جانشینی آرمینگتون		کشش جانشینی	مقدار
کشاورزی، جنگلداری،ماهیگیری	۲/۰۰		بین کالای ترکیبی مواد و کالای ترکیبی انرژی بجز بخش کشاورزی	۱/۰۰
نفت خام و گاز طبیعی	۲/۰۰		بین کالای ترکیبی مواد و کالای ترکیبی انرژی در بخش کشاورزی	۰/۸۰
استخراج ذغال سنگ و لینیت	۲/۰۰		بین کالای ترکیبی ارزش افزوده و کالای ترکیبی مواد-انرژی	۰/۷۰
ساخت محصولات غذایی و انواع آشامیدنی‌ها	۲/۰۰		بین برق و کالای ترکیبی سایر انرژی ها	۰/۸۰
ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی	۰/۸۰		بین مواد اولیه	۰/۰۰
ساخت فلزات اساسی	۰/۷۰		بین کالای ترکیبی انرژی و کالای ترکیبی غیر انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	۰/۷۰
ساخت محصولات فلزی فابریکی بجز ماشین آلات و تجهیزات	۰/۶۰		بین کالاهای غیر انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	۰/۸۰
ساخت کک، فراورده‌های حاصل از تصفیه نفت و سوخت‌های هسته‌ای	۰/۶۰		بین کالاهای انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	۰/۸۰
سایر صنایع انرژی بر	۰/۶۰		بین کالای ترکیبی انرژی اولیه و ارزش افزوده-مواد-انرژی	۰/۱۰
ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی	۰/۷۰		بین انرژی های اولیه در تابع تولید مشتقات نفتی	۱/۰۰
برق	-----		بین نیروی کار و سرمایه	۱/۰۰
توزیع گاز طبیعی	۰/۵۰		بین سایر انرژی ها بجز برق	۱/۰۰
سایر بخش‌ها	۰/۹۰		بین ارزش افزوده- مواد-انرژی و ذخایر فسیلی در تولید انرژی اولیه	۰/۵۰
حمل و نقل	۰/۴۰			

منبع: یافته‌های پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

به منظور حصول اطمینان از دقت[1] نتایج الگو از تحلیل حساسیت نسبت به مقادیرکشش‌ها استفاده گردیده است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که میزان تعرفه تعیین شده، حساسیت بسیار ناچیزی نسبت به تغییر کشش‌های جانشینی بجز کشش جانشینی بین برق و سایر انرژی‌ها و کشش جانشینی بین کالاهای انرژی در تقاضای مصرفی از خود نشان می‌دهد. درصد تغییر در میزان تعرفه مناسب جهت دستیابی به سهم مشخصی از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق در نتیجه تغییر در کشش جانشینی بین برق و سایر انرژی‌ها و کشش جانشینی بین کالاهای انرژی در تقاضای مصرفی در بازه ۰/۱ الی ۱/۵ درصد برای سناریوی تعیین تعرفه یکسان به ترتیب ۶-۰/۶ و ۱/۲۵- ۰/۵ درصد می-باشد. درصد تغییر برای سناریوی اعمال تعرفه متفاوت متناسب با نوع تکنولوژی به ترتیب ۳/۷۵- ۰/۴۲ و ۰/۷۴- ۰/۳۳ برای انرژی بادی، ۲/۹۵- ۰/۳۲ و ۰/۸- ۰/۲۵ برای انرژی‌های خورشیدی و بیوگاز سوز می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که میزان تعرفه مناسب تعیین شده می تواند با افزایش مقادیر کشش‌های مزبور کاهش یابد. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت برای سناریوی تعیین تعرفه یکسان در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

1. Robustness

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ٦: تغییر در میزان تعرفه مناسب یکسان در سناریوهای مختلف کشش جانشینی (درصد)

کشش/درصد تغییر در یارانه مناسب	بین مواد و انرژی بخر کشاورزی	بین مواد و انرژی در بخش کشاورزی	بین ارزش افزوده و مواد-انرژی	بین برق و سایر انرژی ها	بین مواد واسطه	بین کالاهای انرژی و غیر انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	بین کالاهای غیر انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	بین کالاهای انرژی در تقاضای مصرفی خانوار	بین کالای ترکیبی انرژی اولیه و ارزش افزوده-مواد-انرژی	بین انرژی اولیه	بین نیروی کار و سرمایه	بین سایر انرژی ها بجز برق	بین ارزش افزوده- مواد-انرژی و ذخایر فسیلی در تولید انرژی اولیه
۰/۱	-۰/۴۷	-۰/۰۱	-۰/۲۴	-۶/۳۷	-۰/۰۱	۰-/۱۱	۰/۰۰	-۱/۲۵	-۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۲	-۰/۴۵	-۰/۰۱	-۰/۲۲	-۴/۸۷	-۰/۰۱	۰-/۱۱	۰/۰۰	-۱/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۳	-۰/۴۳	-۰/۰۱	-۰/۲۰	-۳/۸۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۱/۰۹	-۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۴	-۰/۴۱	-۰/۰۱	-۰/۱۹	-۳/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۰	-۱/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۵	-۰/۳۹	-۰/۰۱	-۰/۱۸	-۲/۵۰	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۹۵	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۶	-۰/۳۷	-۰/۴۴	-۰/۱۸	-۲/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۸۹	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۷	-۰/۳۵	-۰/۴۲	-۰/۱۵	-۱/۷۵	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰	-۰/۸۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۸	-۰/۳۴	-۰/۰۱	-۰/۱۴	-۱/۵۰	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۷۹	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۰/۹	-۰/۳۵	-۰/۰۱	-۰/۱۵	-۱/۲۹	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۷۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱	-۰/۲۹	-۰/۰۱	-۰/۱۳	-۱/۱۳	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۶۹	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱/۱	-۰/۲۳	-۰/۰۱	-۰/۱۲	-۱/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۹	-۰/۰۱	-۰/۶۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱/۲	۰/۰۰	-۰/۰۱	-۰/۱۲	-۰/۸۸	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۶۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱/۳	-۰/۷۵	-۰/۰۱	-۰/۱۲	-۰/۷۹	۰/۰۰	-۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱/۴	-۰/۳۸	-۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۷۰	-۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
۱/۵	-۰/۳۰	-۰/۰۱	-۰/۱۰	-۰/۶۴	-۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۰	-۰/۵۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

منبع: نتایج پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

۵- نتایج شبیه‌سازی

علیرغم آنکه شواهد تجربی حاکی از موفقیت سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای در افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق می‌باشد، درصورت عدم طراحی صحیح ، این سیاست می‌تواند از نظر اقتصادی غیرکارا باشد. اگر میزان یارانه پرداختی بیشتر از حد لزوم باشد، باعث ایجاد بار هزینه‌ای اضافی بر دوش دولت و تبعات اقتصادی ناشی از این فشار خواهد شد. این مشکل زمانی مشهودتر است که با رشد تکنولوژی‌هایی روبرو باشیم که از هزینه بالاتری نسبت به سایر تکنولوژی‌ها برخوردارهستند. بدین ترتیب اعمال سیاست قیمت‌گذاری تعرفه‌ای مستلزم تعیین میزان یارانه مناسب در جهت دستیابی به اهداف سیاست‌گذاری می‌باشد. لذا در این قسمت اقدام به تعیین نرخ یارانه لازم به صورت درون‌زا، با استفاده از الگوی مطرح شده در بخش چهارم، تحت سناریوهای ذیل نموده‌ایم.

۱- سناریوی اعمال نرخ یارانه‌ای یکسان[1] با هدف دستیابی به افزایش ۵، ۱۰و ۱۵ درصدی در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق

۲- سناریوی پرداخت نرخ یارانه‌ای متفاوت[2]، متناسب با عدم مزیت نسبی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر با هدف دستیابی به رشد متوازن ۲، ۳ و ۴ درصدی در سهم هر کدام از انرژی‌های مزبور.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی انجام شده برای سناریوهای یک و دو به ترتیب در جداول شماره ۷ و ۸ نشان داده شده است. نرخ‌های یارانه مناسب در هر دو سناریو، تحت دو حالت مختلف برآورد شده است. در حالت اول با اعمال محدودیت بر میزان سرمایه بکار رفته در زیر بخش‌های تولید برق فسیلی و آبی(زیر بخش‌ها فعال در سال پایه) و عدم امکان انتقال این سرمایه‌ها به سایر بخش‌ها، که در نتیجه تغییر در قیمت‌های نسبی می‌تواند بوجود آید، وضعیت کوتاه‌مدتی را به تصویر کشیده‌ایم که امکان کاهش تولید در زیر بخش‌های فعال تولید برق وجود ندارد. سپس به منظور مقایسه تفاوت بین شرایط کوتاه‌مدت و بلندمدت، زمانی که تمام عوامل تولید در حال تغییر می‌باشند، محدودیت اعمال شده بر سرمایه بکار

1 Uniform Subsidy(Technology- Neutral)
2. Technology Specific

Archive of SID

www.SID.ir

رفته در زیر بخش‌ها فعال در سال پایه را حذف نموده‌ایم. همچنین برای تطابق نتایج حاصل از مدل و وضعیت واقعی کشور از نظر کمبود منابع آبی اقدام به اعمال محدودیت در افزایش تولید برق آبی بزرگ در مدل بلند مدت نموده‌ایم. چرا که انرژی آبی جزء انرژی-های تجدیدپذیر بوده و تغییر در قیمت‌های نسبی می‌تواند به افزایش تولید برق آبی منجر گردد. همانگونه که در جداول مذکور مشاهده می‌شود در هر دو سناریو و در کوتاه مدت به لحاظ عدم انعطاف‌پذیری در سرمایه‌های بکارگرفته شده در زیر بخش‌های فعال، میزان یارانه لازم برای تحقق اهداف مرتبط با رشد انرژی‌های تجدیدپذیر به مراتب بیشتر از وضعیت بلندمدت می‌باشد. همچنین در هر دو سناریو علیرغم آنکه نرخ‌های رشد مورد نظر در فواصل مساوی افزایش یافته‌اند، اما با افزایش نرخ رشد در هر مرحله نسبت به وضعیت قبلی، نیاز به افزایش کمتری در نرخ یارانه می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از سناریو اعمال نرخ یکسان نشان می‌دهد که در کلیه نرخ‌های رشد در نظر گرفته شده تنها زیر بخش تولید برق بادی در واکنش به تغییر قیمت‌های نسبی فعال می‌شود. این امر می‌تواند به دلیل پایین بودن میزان عدم مزیت نسبی تولید برق بادی نسبت به خورشیدی و بیوگاز سوز در مقابل برق فسیلی باشد. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، میزان عدم مزیت نسبی تولید برق از محل انرژی‌های بادی، بیوگازسوز و خورشیدی بر اساس مجموع هزینه‌های ثابت و تعمیر و نگهداری نسبت به برق فسیلی به ترتیب ۸/۳۹، ۱۴/۴۲ و ۱۴/۰۹ می باشد. در این شرایط برای ایجاد رشدی معادل ۵، ۱۰و ۱۵ درصد در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر به ترتیب بایدیارانه‌ای معادل۷۹۱/۶۸، ۸۵۰/۶۶۴، ۹۱۸/۷۹۳ درصدی پرداخت گردد. این به آن معنا است که با توجه به قیمت متوسط ۴۸۰ ریال برای هر کیلو وات ساعت برق در سال ۱۳۹۰، دولت باید به ترتیب قیمت خرید تضمینی برای هر کیلو وات ساعت را معادل۳۸۰، ۴۰۸ و ۴۴۱ تومان به قیمت سال ۱۳۹۰ قرار دهد. لازم به ذکر است که وزارت نیرو[1] برای سال ۱۳۹۴ قیمت خرید تضمینی برق از محل انرژی‌های بادی، خورشیدی و بیوگازسوز، بر اساس ظرفیت تولیدی، به ترتیب بین ۴۹۷-۴۰۶، ۶۷۵-۵۶۰ و ۵۸۷-۲۹۰ تومان برای هر کیلو وات ساعت اعلام نموده است.

۱. مصوبه ۲۳۷۷۳/۶۰/۱۰۰ مورخ ۱۳۹۴/۴/۳۰ وزارت نیرو

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. سناریو اعمال نرخ یارانه یکسان بر انرژی‌های تجدیدپذیر

نرخ رشد	نرخ یارانه در کوتاه مدت	نرخ یارانه در بلند مدت	نرخ رشد	نرخ یارانه در کوتاه مدت	نرخ یارانه در بلند مدت
۵ درصد	۷۹۱/۶۸۷	۷۴۳/۹۵۳	۱۵درصد	۹۱۸/۹۷۳	۷۵۳/۰۱۲
۱۰ درصد	۸۵۰/۶۶۴	۷۴۸/۲۰۴			

ماخذ: محاسبات پژوهش

جدول ۸. سناریو اعمال نرخ یارانه متفاوت بر انرژی‌های تجدیدپذیر

	نرخ یارانه در کوتاه مدت(درصد)			نرخ یارانه در بلند مدت(درصد)		
نرخ رشد	انرژی بادی	انرژی خورشیدی	انرژی بیوگازسوز	انرژی بادی	انرژی خورشیدی	انرژی بیوگازسوز
۲درصد	۸۰۷/۰۴	۱۶۱۷/۳۴	۱۴۵۱/۲۴۵	۷۴۴/۶۸۱	۱۴۹۶/۴۳	۱۳۴۵/۷
۳ درصد	۸۴۵/۱۴	۱۶۹۲/۹۹	۱۵۱۵/۰۴۳	۷۴۷/۱۸	۱۵۰۲/۶۹	۱۳۴۹/۳۸
۴درصد	۸۸۶/۹۴	۱۷۷۶/۱۶	۱۵۸۴/۹۷	۷۴۹/۸۶	۱۵۰۹/۳۳	۱۳۵۳/۳۷

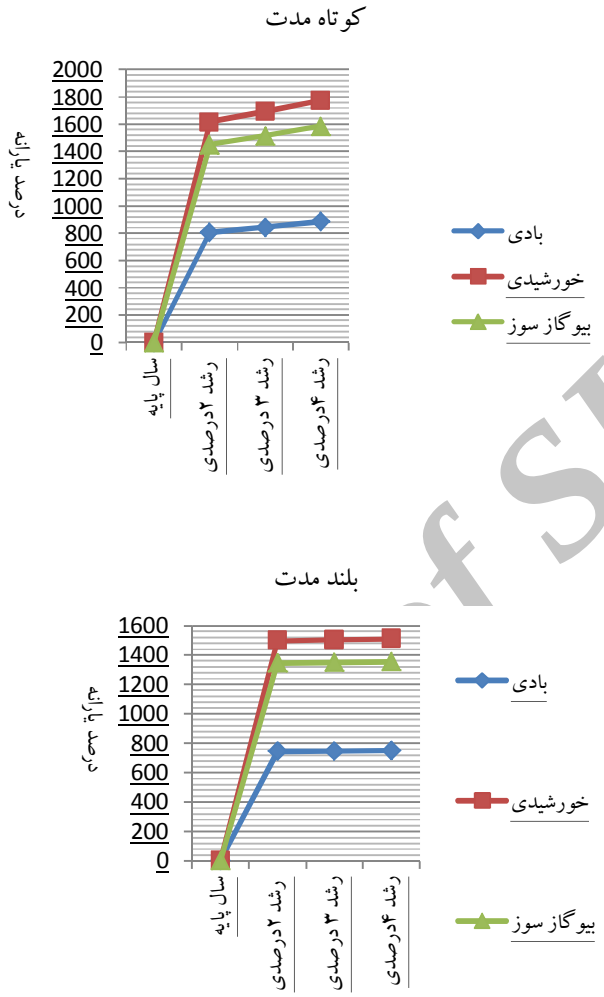
ماخذ: محاسبات پژوهش

مقایسه میزان یارانه پرداختی بر انواع انرژی‌های تجدید پذیر برای دستیابی به رشد متوازن در نمودار شماره یک، نشان می‌دهد که میزان یارانه لازم برای ایجاد رشد یکسان در انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، برای انرژی باد بسیار کمتر از دو انرژی خورشیدی و بیوگاز می‌باشد و علیرغم آنکه نرخ‌های رشد مورد نظر در فواصل مساوی افزایش یافته‌اند، اما با افزایش نرخ رشد مورد نظر، نیاز به افزایش کمتری نسبت به مرحله قبل در نرخ یارانه می‌باشد. همچنین مقایسه نرخ‌های برآورد شده، تحت دو سناریوی شبیه‌سازی شده، نشان می‌دهد که اگر سیاست‌گذار بدنبال ایجاد رشد متوازن در تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر نباشد، سناریوی اول بار هزینه‌ای کمتری را برای دولت به منظور دستیابی به رشد مشخصی در انرژی‌های تجدیدپذیر به همراه دارد. لذا به نظر می‌رسد که سیاست اعمال یارانه یکسان یک سیاست هزینه‌ای کاراتر[1] نسبت به پرداخت یارانه‌های متفاوت می‌باشد.

1. Cost Effectiveness Policy

Archive of SID

www.SID.ir



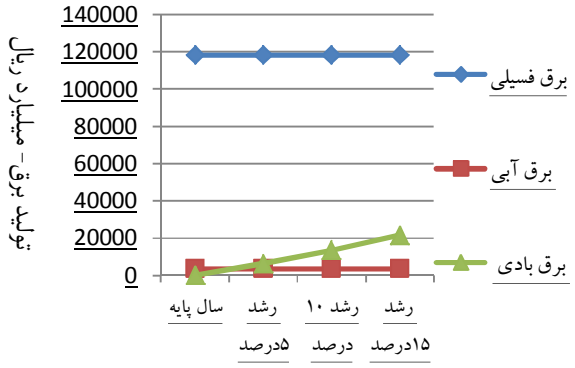
نمودار شماره ۱ : مقایسه یارانه بر انواع انرژی‌های تجدید پذیر برای دستیابی به رشد متوازن

مقایسه تغییرات تولید در نمودار شماره ۲، در دو سناریوی پرداخت یارانه با نرخ یکسان(قسمت‌های الف و ج) و متفاوت (قسمت‌های ب و د)، حاکی از این واقعیت است که در وضعیتی که امکان تغییر در عوامل تولید ثابت وجود داشته باشد (بلندمدت) و با فرض محدودیت در افزایش تولید برق آبی، با کاهش تولید برق از محل انرژی فسیلی و افزایش تولید

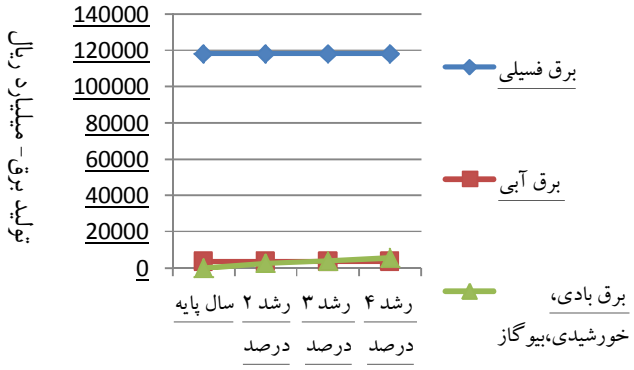
Archive of SID

www.SID.ir

برق از محل انرژی بادی در سناریوی اول و افزایش انرژی‌های بادی، خورشیدی و بیوگاز، به صورت متوازن، در سناریوی دوم روبرو خواهیم بود. همانگونه که در مطالب مطرح شده در قبل اشاره کردیم، اگر چه که سیاست اجرای سیاست پرداخت یارانه یکسان صرفاً می تواند به افزایش تولید برق آبی منجر شود، ولی به واسطه پایین‌تر بودن میزان یارانه لازم، بار هزینه‌ای کمتری را برای دولت به همراه خواهد داشت. در مقابل اجرای سناریوی دوم علیرغم بار هزینه-ای بالاتر به رشد متوازن در برق تولیدی از محل انرژی‌های تجدیدپذیر منجر می‌شود.



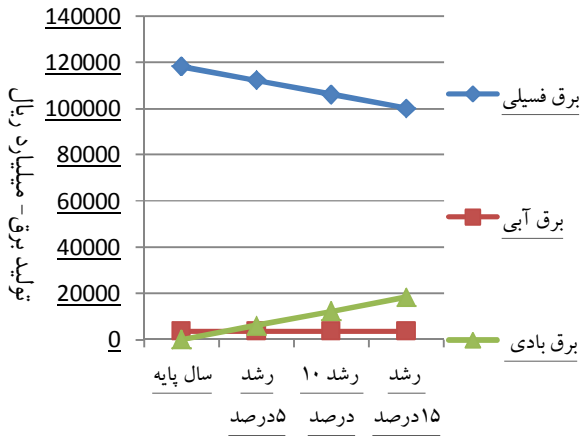
کوتاه مدت (الف)



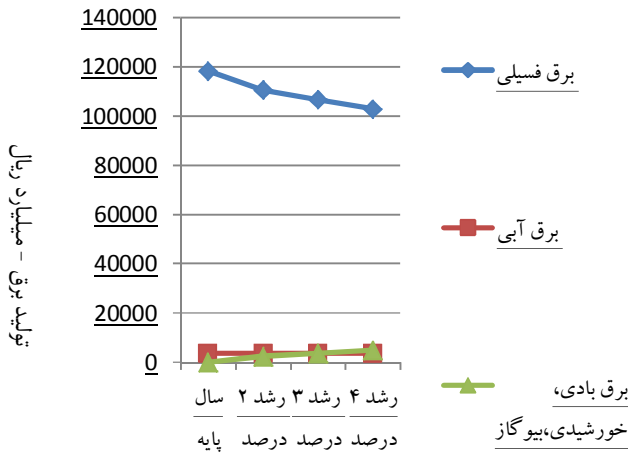
کوتاه مدت (ب)

نمودار شماره ۲: تغییرات تولید برق از محل تکنولوژی‌های متفاوت تحت دو سناریوی طراحی شده

www.SID.ir



بلندمدت (ج)



بلندمدت (د)

نمودار شماره ۲: ادامه

www.SID.ir

٦- جمع‌بندی نتایج و پیشنهادات سیاستی

در دهه‌های اخیر، بدنبال توجه خاص به مسائل زیست محیطی، تدوین سیاست‌های توسعه انرژی‌های تجدید پذیر و امکان افزایش تولید برق از محل این انرژی‌ها از چالش‌های رویاروی اکثر کشورها بوده است. در این راستا دولت ایران نیز در سال ۱۳۹۴ بدنبال مصوبه شورای اقتصاد در سال ۱۳۹۱ در خصوص اصلاح الگوی مصرف انرژی، اقدام به ابلاغ تعرفه خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نموده است. تحقیق حاضر با هدف تعیین میزان تعرفه مناسب برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تحت سناریوهای مختلف، اقدام به تدوین یک الگوی تعادل عمومی قابل محاسبه بوسیله ورود جزئیات تکنولوژی تولید برق در سطح میانی با استفاده از رهیافت تلفیقی نموده است. سپس میزان تعرفه لازم جهت دستیابی به سهم مشخص در تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر تحت دو سناریوی:

۱- اعمال نرخ یارانه‌ای یکسان با هدف دستیابی به افزایش ۵، ۱۰و ۱۵درصدی در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق

۲- پرداخت نرخ یارانه‌ای متفاوت ، متناسب با عدم مزیت نسبی انواع انرژی‌های تجدید-پذیر با هدف دستیابی به رشد متوازن ۲، ۳ و ۴ درصدی در هر کدام از انرژی‌های مزبور، به صورت درون‌زا محاسبه شده است.

ضرایب این الگو با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ و به کمک آمار منتشر شده توسط بانک مرکزی، مرکز آمار ایران، تراز انرژی سال ۱۳۹۰ و اطلاعات مهندسی در زمینه هزینه انرژی‌های نو کالیبره شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی سناریوهای فوق نشان می‌دهد که در شرایط پرداخت یارانه یکسان بر انرژی‌های تجدید-پذیر تنها زیر بخش تولید برق بادی در عکس العمل به تغییرات در قیمت‌های نسبی فعال می‌گردد. در مقابل این سیاست نسبت به سیاست یارانه متفاوت،که متناسب با عدم مزیت نسبی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر با هدف دستیابی به رشد متوازن پرداخت می‌گردد، هزینه کمتری را برای دولت به همراه خواهد داشت. محاسبه نرخ یارانه در هر دو سناریو

Archive of SID

www.SID.ir

تحت دو حالت اعمال محدودیت بر تحرک سرمایه بکار رفته در زیر بخش‌های تولید برق فسیلی و آبی(زیر بخش‌ها فعال در سال پایه) و حالتی که تمام عوامل تولید در حال تغییر - باشند محاسبه شده است. در هر دو سناریو، در کوتاه‌مدت به لحاظ تحقق سرمایه‌گذاری‌ها در زیر بخش‌های فعال تواید برق، میزان یارانه لازم برای تحقق اهداف مرتبط با رشد انرژی‌های تجدیدپذیر به مراتب بیشتر از وضعیت بلندمدت می‌باشد. همچنین در هر دو سناریو علیرغم آنکه نرخ‌های رشد مورد نظر در فواصل مساوی افزایش یافته‌اند، اما با افزایش نرخ رشد مورد نظر نسبت به وضعیت قبلی، نیاز به افزایش کمتری در نرخ یارانه جهت دستیابی به نرخ رشد مورد نظر می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از سناریو اعمال نرخ یکسان نشان می‌دهد که در کلیه نرخ‌های رشد در نظر گرفته شده تنها زیر بخش تولید برق بادی فعال شده و برای ایجاد رشد ۵، ۱۰و ۱۵ درصدی در سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، دولت باید به ترتیب قیمت خرید تضمینی برای هر کیلو وات ساعت را معادل ۳۸۰، ۴۰۸ و۴۴۱تومان بر اساس قیمت سال ۱۳۹۰ قرار دهد. همچنین در صورت آنکه هدف دولت مبنی بر افزایش تولید برق از محل تمام انرژی‌های تجدیدپذیر باشد، بایستی برای ایجاد رشد ۴ درصدی در سهم هر کدام از انرژی‌های برق بادی، خورشیدی و بیوگاز سوز به ترتیبی قیمت خرید تضمینی برای هر کیلو وات ساعت را معادل ۳۸۷، ۷۷۶.، ۶۹۶ تومان قرار دهد. در حالتی که هدف به ایجاد رشد ۴ درصدی در سهم هر کدام از انرژی‌های برق بادی، خورشیدی و بیوگاز سوز تغییر یابد، این اعداد به ترتیب به مبالغ ۴۲۶، ۸۵۲.، ۷۶۰تومان تغییر خواهند یافت.

نتایج بیان شده در تحقیق حاضر، مانند هر تحقیق دیگری که در حوزه مسائل اقتصادی انجام می‌شود، تحت فرضیاتی مشخص گرفته شده است. مسلما تغییر در این فرضیات می‌تواند نتایج گرفته شده را تحت تاثیر قرار دهد. به عنوان مثال در این تحقیق فرض نموده‌ایم که محرک‌های قیمتی می‌توانند انگیزه لازم را در سرمایه‌گذاران در جهت ورود به زیر بخش‌های تولید برق از محل انرژی‌های تجدیدپذیر بوجود آورند. در حالی که عدم تمایل به سرمایه‌گذاری تنها ناشی از مشکلات اقتصادی در این زمینه نبوده و تحت تاثیر مشکلات قانونی، اجتماعی و بالاخره عدم ثبات در قوانین وضع شده قرار دارد. همچنین از

Archive of SID

www.SID.ir

آنجا که مدل تدوین شده یک مدل ایستا می‌باشد و بنابر این امکان دنبال نمودن اثر سیاست یارانه‌ای در طول زمان وجود ندارد و استفاده از یک مدل پویا می‌تواند برای تحقیقات آتی مد نظر محققین قرار گیرد.

۷. منابع

الف) فارسی

اسلاملوئیان. کریم، استادزاد. علی حسین(۱۳۹۰)، تعیین سهم بهینه انرژی های تجدید پذیر در یک الگوی رشد پایدار:مورد ایران، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده اقتصاد مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز.

اشرافزاده. سیدحمیدرضا، آزاد ارمکی. غلامرضا(۱۳۸۵)، برآورد میانگین گروهی توابع عرضه و تقاضای صادرات زیر بخش‌های صنعتی ایران و بررسی سیاست‌های حمایتی و توسعه و تشویق صادرات، پژوهشنامه‌ی علوم انسانی و اجتماعی، سال ششم، شماره ۲۰، ص ۳۹-۵۸.

آمار سری‌های زمانی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی، ۱۳۹۰

آمار کارگاه‌های صنعتی ده نفر و بیشتر، مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰

آمار معادن کشور، مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰

بریمانی. مهدی، کعبی نژادیان. عبدالرزاق(۱۳۹۳)، بررسی قیمت تمام شده و تعرفه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر در ایران، فصلنامه علمی تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال اول ، شماره ۲، ص ۳-۹.

تراز انرژی سال ۱۳۹۰، معاونت اموربرق وانرژی، *انتشارات وزارت نیرو*، ۱۳۹۲.

سیاوشی. الهام، کرمپوریان. حسین رضا (۱۳۸۹)، بررسی جایگاه‌های انرژی‌های نو و بهینه سازی مناسب‌ترین گزینه با توجه به پتانسیل‌های موجود در ایران، *مجموعه مقالات اولین همایش از سلسله همایش‌های تخصصی چشم انداز انرژی در ایران ۱۴۰۴*، اهواز : منطقه شش دانشگاه آزاد اسلامی.۷

Archive of SID

www.SID.ir

شریفی. علیمراد، آقایی.کیومرث، صادقی شاهدانی. مهدی، دلالی اصفهانی. رحیم، شوال پور آرایی.سعید(۱۳۸۸)، تاثیر یادگیری فنی بر توسعه فن آوری های انرژی های تجدید پذیر در بخش برق ایران در شرایط اختلالات قیمت انرژی، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ششم ، شماره ۲۱، ص ۱۳۷-۱۶۰.

شریفی. علیمراد، کیانی. غلامحسین، خوش اخلاق. رحمان، باقری.محمد مهدی (۱۳۹۲)، ارزیابی جایگزینی انرژی های تجدید پذیر به جای سوخت های فسیلی در ایران: رهیافت کنترل بهینه، *فصلنامه تحقیقات الگو سازی اقتصادی*، شماره ۱۱، ص ۱۲۳-۱۴۰.

کفایی. محمد علی، میری. ندا(۱۳۹۰)، تخمین کشش جانشینی آرمینگتون برای کالاهای منتخب، *فصلنامه پژوهشهای اقتصادی*، سال یازدهم ،شماره ۳، ص ۲۷-۴۵.

مجلس شورای جمهوری اسلامی، مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۰.

ب) انگلیسی

Bor, Y.J. and Lin, Y (2011), "Economic Analysis of the Renewable Energy Subsidy Policy in Taiwan- an Empirical Study of the CGE Model", CIGRE-AORC, 26-28, Thailand.

Böhringer, Ch. and Rutherford, T. F (2006), "Combining Top-Down and Bottom-up in Energy Policy Analysis: A Decomposition Approach". Discussion Paper, No. 06-007.

Butler, L. and Neuhoff, K (2008), "Comparison of Feed-in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development", Renewable Energy, Vol. 33. Issue.8., PP. 1854-1867.

Condon, T. , Corbo, V. and Melo , J. de (1985), "A Simulation Analysis of the Macroeconomic Effects of Capital Inflows and Wage Indexationin Chile: 1977-1981", Journal of Policy Modeling, Vol.7, Issue.3. PP. 379-406.

Couture, T. and Gagnon, Y (2010), "AnAnalysis of Feed-in Tariff Remuneration Models: Implications for Renewable Energy Investment", Energy Policy, Vol.38, Issue.2, PP. 955-965.

Dannenber, A., Mennel, T. and Mosiener, U (2008), "What Does Europe Pay for Clean Energy? Review of Macroeconomic Simulation Studies", Energy Policy, Vol.36, PP. 1318-1330.

Fell, H.I (2009), "Feed-in Tariff for Renewable Energies: An Effective Stimulus Package withoutNew Public Borrowing Member of the German Parliament", Berlin. Germany.

Archive of SID

www.SID.ir

Goodstein, E (1995), "The Economic Roots of Environmental Decline: Property Rights or Path Dependence ", Journal of Economic Issues, Vol.29. Issue.4. PP. 1029–1043.
Gross, R., Blyth, W. and Heptonstall, P. (2010), "Risks, Revenues and Investment in Electricity Generation: Why Policy NeedstoLook BeyondCosts", Energy Economics, Vol.32, PP. 796-804.
Guillet, J. and Midden, M. (2009), "FinancingRenewable Energy: Feed-in Tariffs Compared to Other Regulatory Regimes", Dexia, Tallahassee, FL, 3February.
Luthi, S. (2011), "Effective Renewable Energy Policy-Empirical Insights from Choice Experiments with Project Developers", Dissertation No. 3863. The University of St. Gallen, Graduate School of Business Administration, Economics, Law and Science.
Lantz, E. and Doris, E (2009), "State Clean Energy Practices: Renewable Energy Rebates", Golden. Co: National Renewable Energy Laboratory,
Lesser, J.A. and Xuejuan, X (2008), "Design of an Economically Efficient Feed-in Tariff Structure for Renewable Energy Development", Energy Policy, Vol.36. Issue.3, PP. 981-990.
Lipp, J (2007), "Lessons for Effective Renewable Electricity Policy from Denmark, Germany and The United Kingdom", Energy Policy, Vol.35, PP. 5481-5495.
Marousek, J. and Haskova, S (2014), "Assessing the Implications of EU Subsidy Policy on Renewable Energy in Czech Republic". Clean Tach Environ Policy.
Ragwitz, M., Held, A., Resch, G., Faber, T., Haas, R., Huber, C., Coenraads, R., Voogt, M., Reece, G., Morthorst, P.E., Jensen, S.G., Konstantinaviciute, I. and Heyder, B. (2007), "Assessment and Optimization of Renewable Energy Support Schemes in the European Electricity Market: Final Report", Optimization of Renewable Energy Support (OPTRES), Karlsruhe, Germany.
Sarraf, M., Rismanchi, B., Saidur, R. H. Ping, W. and Rahim, N.A. (2013), "Renewable Energy Policies for Sustainable Developments in Cambodia", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.21, PP. 223-229.
Stadelmann, M. and P., Castro (2014), "Climate Policy Innovation in the South-Domestic and International Determinants of Renewable

Archive of SID

www.SID.ir

Energy Policies in Developing and EmergingCountries", Global Environmental Change, Vol.29, PP. 413-423.

Wohlgemuth, N. and Lodej, G. W. (2003), "Policies for The Promotion of Renewable Energy in Poland", Applied Energy, Vol.76, PP. 111-121.

World Bank (2011), "Design and Performance of policy Instrument to Promote The Development of Renewable Energy, Emerging Experience in Selected Developing Countries", Available at: http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/ESMAP

Zhou, Y., Wang, L., and McCalley, J. D (2011), "DesigningEffective and Efficient Incentive Policies for Renewable Energy in Generation Expansion Planning", Applied energy, Vol.88, PP. 2201-2209.

Archive of SID

www.SID.ir