

بررسی تأثیر متغیرهای اقتصادی و اقلیمی بر تولید انرژی برق آبی در ایران با استفاده از مدل فیلتر کالمن

مصطفی سلیمی فر^۱، نرگس صالح نیا^۲، مرجان حیرانی مقدم^۳

^۱ هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

در این مقاله به بررسی چگونگی اثرگذاری متغیرهای اقتصادی و اقلیمی بر تولید انرژی برق آبی در ایران طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸ پرداخته می‌شود. مصرف روزافزون سوخت‌های فسیلی در کشور منجر به تولید گازهای گلخانه‌ای خواهد شد که در نهایت با تغییر اقلیم خود را نشان می‌دهند. این تغییرات اقلیمی هم کشور را از توسعه پایدار دور می‌کنند و هم بر میزان آب پشت سدها اثرگذار هستند؛ همچنین به علت کاربردهای چندمنظوره سدهای نیروگاه‌های برق آبی، بررسی سایر عوامل که اکثراً اقتصادی هستند بر تولید انرژی پاک برق آبی مهم می‌شود. نتایج به دست آمده از مدل فیلتر کالمن نشان می‌دهد که تغییر روند متغیرهای اقتصادی از جمله: رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی و واردات کالاهای سرمایه‌ای مثبت بوده که منجر به تأثیر مثبت بر تولید انرژی برق آبی شده‌اند. اما شاخص SPEI که نشان دهنده تبخیر و تعرق استاندارد شده می‌باشد، در طی زمان دارای تغییر روندی نزولی بوده که منجر به اثرگذاری منفی بر تولید انرژی برق آبی شده است. اثرگذاری متغیرهای اقتصادی سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و ورود خالص دارایی‌های خارجی سیستم بانکی به ترتیب مثبت، منفی و بسیار ناچیز بوده است.

واژه‌های کلیدی: تولید انرژی برق آبی، اتورگرسیو با وقفه توزیعی، فیلتر کالمن، ارزش افزوده بخش کشاورزی، شاخص خشکسالی، واردات کالاهای سرمایه‌ای

مقدمه

تولید و تأمین انرژی یکی از مهم‌ترین مسائل روز دنیا می‌باشد. با توجه به اهمیت آلودگی محیط زیست و تغییرات اقلیمی اخیر که بر روی دما و بارش تأثیر گذار بوده است و هم چنین پیش بردن توسعه اقتصادی کشور به سمت پایدار بودن، اهمیت تولید انرژی های تجدید پذیر از جایگاه ویژه ای برخوردار می‌باشد. از آن جایی که ایران در زمینه تولید انرژی برق آبی به علت پیشرفت و توجه به سد سازی تا حدودی موفق عمل کرده است و سد ها نیز کاربرد های متفاوتی دارند.

با توجه به صنعتی شدن کشورهای جهان طی قرون اخیر و اهمیت توسعه پایدار و رشد اقتصادی در اغلب کشورهای جهان، اداره اطلاعات انرژی (EIA) پیش بینی کرده است که مصرف انرژی جهان بین سالهای ۲۰۱۸ تا ۲۰۵۰ تقریباً ۵۰ درصد رشد خواهد کرد. اغلب مراکز صنعتی در کشور ایران از سوخت‌های فسیلی به عنوان انرژی استفاده می‌کنند، زیرا کشور ایران در تولید نفت و گاز طبیعی از جایگاه برتری برخوردار است. اما متأسفانه این منابع با گذشت زمان و استخراج های بیش از حد اتمام می یابند و هم منجر به آلودگی می شوند. در نتیجه برای جلوگیری از در مانده نبودن در این وضعیت به تولید منابع تجدیدپذیر روی آورده می‌شود. تولید انرژی برق از اهمیت ویژه ای برخوردار است و از دو منبع تجدید ناپذیر و تجدید پذیر تأمین می‌شود به گونه ای که تولید انرژی برق از انرژی های تجدید پذیر در مجموع تا بهمن سال ۱۳۹۹ به اندازه ۵۸۲۴ میلیون کیلو وات ساعت بوده به گونه ای که منجر به صرفه جویی در مصرف سوخت فسیلی در مجموع به اندازه ۱۶۵۴ میلیون متر مکعب گاز طبیعی تا بهمن ۱۳۹۹ شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۹). بخش تجدید پذیر انرژی برق از نیروگاه‌های بادی، خورشید، موج، زمین گرمایی، زیست توده، برق آبی می‌باشد. اما بر اساس ظرفیت های کشور ایران، تولید برق از نیروگاه‌های خورشیدی و برق آبی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. باید توجه کرد که در حال حاضر نیروگاه‌های برق آبی در ایران از جایگاه بهتری نسبت به خورشیدی برخوردار هستند چون ایران در امر سد سازی پیشرفت چشم گیری در سال‌های اخیر داشته است. احداث ۱۹ سد با تولید ۱۸۰۰ مگاوات در قبل از انقلاب که این تعداد پس از انقلاب به ۱۹۳ سد با تولید ۱۰۰ هزار مگاوات رسید (پایگاه اطلاع رسانی ریاست جمهوری، ۱۳۹۹).

از آن جایی که اغلب سد ها کاربرد های چند منظوره در بخش های کشاورزی و باغبانی، تأمین آب شرب، دام پروری، صنعت گردشگری، ماهیگیری و... دارند در نتیجه مصارف تمامی این بخش ها سبب کاهش ارتفاع آب پشت سدها می شوند. در نتیجه ارزش افزوده گروه کشاورزی که مجموعه فعالیت های زراعی، دامپروری و شکار، جنگلداری، ماهیگیری و خدمات کشاورزی را شامل می شود. در طبقه بندی نظام حساب های ملی ایران متغیرهای اساسی مربوط به مجموعه این فعالیت ها در پنج بخش زراعت، دامپروری و شکار، ماهیگیری، جنگلداری و خدمات کشاورزی مورد برآورد و محاسبه قرار می گیرد. تبخیر آب پشت سد ها به علت افزایش دما و کاهش میزان بارندگی که منجر به خشکسالی می شوند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. خشکسالی ها می توانند تأمین برق را تحت تأثیر قرار دهند، هم از نظر در دسترس بودن آب برای تولید برق آبی و هم از طریق استفاده از آب خنک کننده برای تولید برق (مانند هسته ای، فسیلی، سوخت زیست توده) (EIA). خشکسالی های اخیر و امواج گرما آسیب پذیری بخش برق را در برابر محدودیت های آب سطحی بیشتر کرده است. این نشان داده است که به ویژه هنگامی که اوج تقاضای برق زیاد است، مشکل به وجود می آید. افزایش بالقوه شدت خشکسالی و امواج گرما (کریستیدز^۱ و همکاران، ۲۰۱۵) تحت تغییرات اقلیم میتواند امنیت انرژی را به خطر اندازد.

¹ - Christidis et al

زیرا میزان و مقدار آب ذخیره شده در پشت سدها برای تأمین انرژی مکانیکی تولید برق آبی از اهمیت ویژه ای برخوردار می شود.

علاوه بر موارد فوق قیمت برق تولید شده بر تولید انرژی برق آبی به طور ویژه تأثیر گذار می باشد. چون بر اساس تابع عرضه قیمت تمام شده آن به تولیدکنندگان این اجازه را می دهد که میزان تولیدات خود را تعیین کنند. اما قیمت برق در ایران نسبت به سایر کشورهای دنیا بسیار ناچیز می باشد، به گونه ای که قیمت برق ایران به ازای هر کیلو وات ساعت در بسیاری از منابع اطلاعاتی مثل پرتال قیمت نفت جهانی (۲۰۲۰) بر حسب دلار بسیار ناچیز و حدوداً نزدیک به صفر در نظر گرفته شده است. در نتیجه در تخمین مدل ها نمی تواند کارایی داشته باشد.

همچنین میزان واردات تکنولوژی های مرتبط با تولید انرژی برق آبی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از نیروگاه های برق آبی برای تولید برق بیشتر استفاده می شود. واردات تکنولوژی ساخت و ساز نیروگاه ها را ساده تر می کند. ولی از آنجایی که نفوذ فن آوری از طریق کانال های مختلفی می تواند صورت گیرد که هر کدام به نوعی به انتقال ایده ها و فناوری های جدید کمک میکنند. بعضی از این روش ها عبارتند از: سرمایه گذاری مشترک، قراردادهای بیع متقابل، وارد کردن محصولات دارای فناوری پیشرفته، به کارگیری فناوری پیشرفته و به کارگیری نیروی کار بین المللی روش هایی برای انتقال فناوری بین المللی است؛ اما در کنار این روش ها، از سرمایه گذاری مستقیم خارجی، ورود ارز به کشور و واردات کالاهای واسطه ای و سرمایه ای به مثابه روش های اصلی دسترسی به فناوری پیشرفته به وسیله کشورهای درحال توسعه نام برده میشود (موسوی و همکاران به نقل از شاهمیری و سالمی، ۱۳۹۰). در نتیجه متغیرهای اقتصادی و متغیرهای اقلیمی بنا به مطالب ذکر شده و پیش رو از اهمیت ویژه ای برخوردار می شوند و تصمیم گرفته شد در این پایان نامه به شناسایی عوامل اقتصادی و اقلیمی تأثیر گذار بر تولید انرژی برق آبی حاصل از این سدها و چگونگی و مقدار تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی تولید انرژی برق آبی مشخص شود. در این مقاله به بررسی عوامل موثر اقتصادی و اقلیمی تأثیر گذار بر تولید انرژی برق آبی، چگونگی و مقدار تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر روی تولید انرژی برق آبی مشخص می شود. مدل اقتصاد سنجی به کار گرفته شده در این پژوهش فیلتر کالمن خواهد بود. مزیت این روش نسبت به سایر تکنیک های موجود در اقتصاد سنجی این است که نتایج قابل اتکا تر و مناسب تری می دهد. زیرا متغیرهای تأثیر گذار بر تولید انرژی برق آبی که شامل عوامل اقتصادی و اقلیمی هستند طی زمان به دلیل بحران های اقتصادی پیش آمده و همچنین تغییرات اقلیم اخیر دستخوش نوسانات شدیدی شده اند. در این مقاله هدف بررسی چگونگی و مقدار تأثیر گذاری تک تک این متغیرهای اقتصادی و اقلیمی بر تولید انرژی برق آبی با استفاده از مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن می باشد تا با نتایج کسب شده به توسعه پایدار که مسئله ی مهم این روزهای اغلب کشور های جهان از جمله ایران شده است، کمک شود. استفاده از مدل فیلتر کالمن که از انواع مدل های فضا- حالت می باشد، به این دلیل است که این روش اقتصاد سنجی اثر پارامترهای متغیرهای مستقل بر تولید انرژی برق آبی را که در طی زمان بی ثبات هستند را می تواند بهتر بررسی کند و گزینه مناسب تری باشد و نتایج قابل اتکا تر نسبت به سایر مدل های موجود مناسب با بحث مورد مطالعه بدهد. تا به حال به چگونگی و مقدار تأثیر متغیرهای اقتصادی و اقلیمی به صورت همزمان بر تولید انرژی برق آبی ایران با استفاده از مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن پرداخته نشده است.

مبانی نظری

متغیرهای متفاوتی بر تولید انرژی برق آبی تأثیر می گذارند که امکان برآورد همه ی آن ها بر تولید انرژی برق آبی ممکن نیست چون یا نتایج غیرواقعی را نشان می دهند و یا دارای خطا می شوند. در برخی موارد هم ممکن است داده ها برای یکی از متغیرهای تأثیر گذار موجود نباشد. مثلاً در این پژوهش داده های متغیر فناوری و تکنولوژی های پیشرفته موجود نیست و بجای آن بعنوان متغیرهای جانشین از داده های واردات کالاهای سرمایه ای و سرمایه گذاری مستقیم خارجی که منجر به ورود فناوری و صنایع پیشرفته می شود استفاده خواهد شد. بررسی مبانی نظری ارزش افزوده بخش کشاورزی و تغییرات اقلیمی به این دلیل است که هر دو این موارد با توجه به مطالعات به صورت مستقیم بر میزان آب پشت سدها تأثیر چشمگیری دارند و موجب کنترل آب پشت سدها می شود.

کشورهای درحال توسعه سهم اندکی از تولید ناخالص داخلی خود را به فعالیت های تحقیق و توسعه اختصاص می دهند؛ لذا همواره شاهد شکاف قابل توجهی بین فعالیت های فناوری بین کشورهای درحال توسعه و کشورهای توسعه یافته مشاهده می شود. فناوری همانند دانش دارای مشکل ممنوعیت ناپذیری و غیررقابتی است و براساس مطالعات تجربی گسترده می توان بیان داشت فعالیت فناوری در کشورها تنها تابع فعالیت های تحقیق و توسعه داخلی نیست بلکه تابع سرریز فعالیت های تحقیق و توسعه و فناوری کشورهای دیگر است که می تواند از کانال های سرریز فناوری انتقال یابد. سرریز فناوری می تواند از طرق مختلفی نظیر تقلید یا مهندسی معکوس، نقل و انتقال نیروی کار ماهر، ادغام شرکت ها، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه ای و سرمایه ای صورت پذیرد و موجبات رشد تولید و بهره وری را به وجود آورد؛ بنابراین رشد بهره وری از طریق سرریزهای فناوری یک راه میانبر و کم هزینه برای کشورهای درحال توسعه است تا بتوانند شکاف فناوری عمیق خود با کشورهای پیشرفته را کاهش دهند (زمانیان، ۱۳۹۰). در اکثر مطالعات انجام شده در زمینه سرریز فناوری (برای نمونه پین و کینگ چانگ^۲ (۲۰۰۸) و کلر^۳ (۲۰۰۴) و چون و لین^۴ (۲۰۰۴) و بایامی^۵ و همکاران (۱۹۹۹)، به تجارت بین الملل و سرمایه گذاری مستقیم خارجی، چونگ و لین خارجی، به مثابه مهمترین عوامل انتقال فناوری بین کشورهای مختلف اشاره شده که در ادامه به آنها پرداخته میشود.

تولید انرژی برق آبی و ارزش افزوده کشاورزی

بهره برداری از مخزن یکی از مشکلات چالش برانگیز برای برنامه ریزان و مدیران منابع آب است. بهره برداری از مخازن نیاز به یک سری تصمیمات دارد که به چگونگی جمع آوری و آزادکردن آب می پردازد. به طور کلی، اکثر سیستم های مخزن هنوز تحت قوانین ثابت و از پیش تعیین شده مدیریت می شوند. این قوانین رهاسازی سیستم مخزن بر اساس سطح ذخیره سازی فعلی، شرایط آب و هواشناسی و زمان سال است. (نگو^۶ و همکاران، ۲۰۰۷؛ لتن مایر و وود^۷، ۱۹۹۳؛ فابر و استدینگر^۸، ۲۰۰۱؛ ژوتیپراکاش و شانتھی^۹، ۲۰۰۶)

^۲ - Pin & Qing chang

^۳ -w.keller

^۴ -Cheung & Lin

^۵ -Bayoumi et al

^۶ - Ngo et al

^۷ - Lettenmaier & Wood

^۸ -Faber & Stedinger

^۹ - Jothiprakash and Shanthi

راه ایجاد سرریز فناوری تجارت کالاها و خدمات واسطه ای و سرمایه‌ای از کشورهای پیشرفته به کشورهای در حال توسعه است. از آنجایی که منشأ رشد فناوری، افزایش و بهبود کیفیت نهاده‌های واسطه ای است تجارت بین الملل سبب افزایش تنوع و کیفیت کالاهای واسطه ای و سرمایه‌ای می‌شود که منجر به رشد فناوری می‌شود. در تئوریهای جدید تجارت، مبادلات تجارت کالا به چند تجارت بین الملل یک کشور را قادر می‌سازد تا دلیل میتواند به بهبود فناوری کشورها کمک کند. اولاً انواع گوناگونی از کالاهای واسطه و تجهیزات سرمایه‌ای که افزایش‌دهنده بهره‌وری منابع هستند را به تجارت بین الملل کانال‌هایی از ارتباطات را فراهم نموده که موجب انگیزه برای یادگیری کار گیرد. ثانیاً روش‌های تولید، طراحی تولید، روش سازمانی و آشنایی با شرایط بازار در بین کشورهای مختلف قراردادهای تجاری بین المللی کشورها را قادر می‌سازد تا فناوری خارجی را کپی نموده می‌شود. ثالثاً تجارت بین الملل می‌تواند فناوری کشورها و برای مقاصد تولیدی داخلی از آن استفاده نمایند. رابعاً را به وسیله تقلید فناوری‌های خارجی افزایش دهد و از این طریق به طور غیرمستقیم سطح فناوری فعالیت‌های اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین بلوم و همکاران (۲۰۰۸) بیان می‌دارند واردات کالاهای واسطه ای و سرمایه‌ای به بنگاه‌های کشورهای در حال توسعه اجازه می‌دهد که از تجهیزات و فناوری‌های وارداتی بیشتر یاد بگیرند. لذا شاهد توسعه فعالیت‌های مربوط به فناوری در کشورهای در حال توسعه با افزایش ورود تجهیزات و فناوری‌های وارداتی هستیم (اثر مهندسی معکوس)؛ بنابراین در حالت تجارت بین الملل انباشت سرمایه تحقیق و توسعه شرکای تجاری هر کشور که در تولید کالاهای واسطه ای نهفته است به داخل کشور میزبان سرریز می‌شود و سبب رشد فناوری می‌شود که به این فرآیند غیرمستقیم، سرریز فناوری از طریق تجارت گفته می‌شود؛ اما از طرف دیگر، هجوم واردات باکیفیت بالا ممکن است موجب دلسردی بنگاه‌های داخلی با فناوری پایین شود (اثر دلسردکننده). بنابراین می‌توان بیان داشت تأثیر مثبت یا منفی واردات بر فناوری تابع کل اثرات نامشخص است. در چند سال اخیر دنیا بیشتر متوجه نیاز به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر شده و کشورهای توسعه‌یافته در این راستا به پیشرفت و فناوری‌های بیشتری نسبت به کشورهای در حال توسعه رسیده‌اند.

استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند سرمایه و فناوری است که کشورهای در حال توسعه در هر دو زمینه با کمبود مواجه هستند. رسیدن به فناوری توسط کشورهای در حال توسعه روندی طولانی است پس بهتر است این کشورها از فناوری کشورهای توسعه‌یافته بهره‌مند شوند. از جمله مهمترین راه‌های انتقال فناوری سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای واسطه ای و سرمایه‌ای که با فناوری پیشرفته تولید شده‌اند، صورت می‌گیرد. از همین رو دولتمردان به دنبال سیاست‌هایی جهت جذب بیشتر این نوع سرمایه‌ها و واردات کالاهای واسطه ای و سرمایه‌ای به نیت کسب فناوری هستند. البته این روند علاوه بر مزایا میتواند بسته به کشور میزبان معایبی هم در بر داشته باشد.

تولید انرژی برق آبی و حجم نقدینگی (ورود خالص دارایی‌های خارجی به کشور)

تولید برق سبز از اهمیت ویژه ای در دستور کارهای سیاسی دولت و سطح بین المللی برخوردار است. حمایت سیاسی، همراه با تقاضای داوطلبانه افزایش یافته برای برق سبز، منجر به رشد بی نظیر تولید برق سبز در سراسر جهان شده است (انرژی‌های تجدیدپذیر^{۱۰}، ۲۰۱۴). در صورت یافتن شرکای تجاری، بازارهای سبز مایع باید شفافیت قیمت بازار و همچنین هزینه معاملات پایین را تضمین کنند. در نتیجه، بازارهای انرژی سبز مایع به فعالان بازار اجازه می‌دهد تا ارزش نیروگاه‌ها و بدهی‌های سبز خود و همچنین خطرات مرتبط را ارزیابی کنند و فقط ارزیابی اطمینان از این مقادیر و خطرات می‌تواند سرمایه‌گذاری را برای

¹⁰ - Renewables

تولید نیروی داخلی ترغیب کند (لمینگ^{۱۱}، ۲۰۰۳). به عنوان مثال، انجمن برق آبی شمال غربی گزارش می‌دهد که نقدینگی بازار در بازار نیروگاه سبز اورگان ایالات متحده به حدی کم است که بانک‌ها آن را برای سرمایه‌گذاری در بازار بسیار خطرناک می‌دانند و بنابراین پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را که متکی به درآمد هستند، غیر قابل تأمین مالی ارزیابی می‌کنند (انجمن برق آبی شمال غربی^{۱۲}، ۲۰۱۰). این مثال نشان می‌دهد که نقدینگی بازار در بازارهای برق سبز می‌تواند بر تحقق اهداف سیاسی مرتبط با تولید برق سبز تأثیر بگذارد. مفهوم نقدینگی بازار از بازارهای مالی گرفته شده است، اما در همه بازارها کاربرد دارد (منکیو^{۱۳}، ۲۰۰۶). در حالی که هیچ مطالعه‌ای در مورد نقدینگی در بازارهای نیروی سبز به طور خاص وجود ندارد، ضرورت نقدینگی کافی در بازارهای برق قبل از آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (آنتونا^{۱۴}، ۲۰۱۴ و وبر^{۱۵}، ۲۰۱۰). اندازه‌گیری میزان سود بازار یک کار چالش برانگیز است، زیرا نقدینگی به طور مستقیم قابل مشاهده نیست. شاخص‌های مختلفی اعمال می‌شود که حجم معاملات یکی از آنهاست که بیشترین استفاده را می‌کند بانک تسویه حساب بین‌المللی^{۱۶}، ۱۹۹۹ و فلمینگ^{۱۷}، ۲۰۰۱ و سار و لیبک^{۱۸}، ۲۰۰۲).

تولید انرژی برق آبی و اقتصاد

تولید انرژی به صورت عمومی تابعی از سرمایه، نیروی کار و منابع طبیعی است. در علم فیزیک قراردادی وجود دارد که بیان می‌کند منابع انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند. به عنوان مثال انرژی برق آبی انرژی مکانیکی آب پشت سد‌ها را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در اقتصاد نیز تولید هر نوع کالایی تابعی از سرمایه و نیروی کار و انرژی هست. ولی نمی‌توان در اقتصاد به این شکل گفت تولید محصول تابعی از سرمایه، نیروی کار و انرژی هست و انرژی خود مجدداً تابعی از سرمایه، نیروی کار، منابع طبیعی است.

آشکار است که از منظر اقتصادی، هدف غایی نزدیکی بیشتر به ساز و کار بازار و رقابتی شدن، دستیابی یا نزدیک شدن به کارایی پارتو خواهد بود. اگر برق واقعاً یک کالا قلمداد شود، کیلووات ساعت نیز نظیر هر کالای دیگر باید در لحظه‌های که مصرف‌کننده آن به عنوان کالای مصرفی یا نهاده تولید اراده می‌کند، آماده برای استفاده باشد. اما به رغم پیشرفتهای اخیر در فناوری‌های ذخیره انرژی الکتریکی و تولید خرد، این امر به صورت تجاری، عملی محقق نشده است و عرضه مداوم و مطمئن مقادیر زیاد انرژی الکتریکی، نیازمند نیروگاه‌های بزرگ و اتصال آنها به مصرف‌کننده از طریق شبکه‌های انتقال و توزیع است. در عمل شرایط بهینه ایجاب می‌کند که این انرژی، به میزانی که مصرف می‌شود، در همان لحظه هم تولید شود. بر این اساس نخستین تفاوت بین انرژی الکتریکی و کالاهای دیگر، این است که معامله انرژی الکتریکی همواره به مقدار معینی کیلووات ساعت که باید طی بازه مشخصی از زمان، به طور همزمان تولید، تحویل و مصرف شود، اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر انرژی الکتریکی به طور جدایی ناپذیری با سیستمی فیزیکی (شبکه برق) ممزوج شده است که رفتار آن از هر بازاری، بسیار سریعتر است. در سیستم فیزیکی قدرت، به ویژه برای کاهش تلفات، مناسب است عرضه و تقاضا یا تولید، در توازن باشند. اگر این تعادل، برقرار نشود، سیستم دچار مشکلاتی اعم از افت ولتاژ، افزایش تلفات شبکه و ... خواهد شد. (معینی و همکاران، ۱۳۹۲)

¹¹ - Lemming

¹² - Northwest Hydroelectric Association

¹³ - Mankiv

¹⁴ - Anuta

¹⁵ - Weber

¹⁶ - Bank for International Settlements

¹⁷ - Fleming

¹⁸ - Sarr & Lybek

انرژی به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شود. انرژی برق‌آبی یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. با توجه به مبانی نظری متغیرهای تأثیر گذار بر تولید انرژی، می‌توان این مبانی ذکر شده را برای تولید انرژی برق‌آبی که زیر مجموعه ای از انرژی‌های تجدیدپذیر هست به کار برده شود.

پیشینه تحقیق

بهشتی^{۱۹} و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی اثر تغییرات اقلیم بر آینده ی تولید انرژی برق‌آبی کارون ۳ که در جنوب غربی ایران واقع شده است در طول دو دوره ی زمانی نزدیک (۲۰۲۰-۲۰۴۹) و آینده ی دور (۲۰۷۰-۲۰۹۹) از مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوی انتشار A2 استفاده شده است نرم افزار SDSM4.2 جهت کوچک - مقیاس کردن آماری پارامترهای اقلیمی به مقیاس محلی به کار گرفته شده و مدل بارش رواناب استفاده شده در این تحقیق مدل شبکه عصبی مصنوعی ANN می‌باشد که به شبیه سازی رواناب می‌پردازد. آن‌ها متوجه شدند که تغییر اقلیم می‌تواند مشکلات جدی را برای آینده پروژه‌های نیروگاه‌های برق‌آبی به وجود آورد. تغییرات الگوهای بارندگی، افزایش دما و ذوب ناگهانی برف می‌تواند بر الگوهای جریانی و تولید برق‌آبی تأثیر بگذارد.

فری و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی نقدینگی در بازارهای برق سبز به عنوان یک بررسی بین‌المللی پرداختند. این مطالعه الگوهای بازارهای برق سبز در سراسر جهان را با توجه به نقدینگی بازار بررسی می‌کند. علاوه بر این، مکانیزم‌هایی را شناسایی می‌کند که از طریق آن‌ها بازارهای تجاری و باز بودن اقتصاد می‌توانند نقدینگی را در بازارهای قدرت سبز تحت تأثیر قرار دهند. این مطالعه نشان می‌دهد که تجارت بر روی یک پلت فرم تبادل ارز یا از طریق کارگزاران می‌تواند نقدینگی را بهتر از تجارت دو جانبه افزایش دهد. همچنین نقطه تجاری یا محصولات آتی می‌توانند نقدینگی را در بازارهای برق سبز بهتر از قراردادهای بلند مدت تجاری پشتیبانی کنند.

آلپر و اگوز^{۲۰} (۲۰۱۶) به علل بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی تجدیدپذیر، سرمایه و نیروی کار برای کشور های عضو جدید اتحادیه اروپا در دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۰۹، با استفاده از آزمون علیت نا متقارن و مدل سنجی ARDL پرداختند. نتایج نشان می‌دهد مصرف انرژی تجدیدپذیر تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی تمام کشور دارد ولی تأثیر چشمگیر برای بلغارستان، فرضیه بی طرفی برای قبرس، استونی، مجارستان و لهستان استونی، لهستان، و اسلونی دارد. حقیقت این است که از فرضیه حفاظت که رابطه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی تجدیدپذیر برای چک و بلغارستان و فرضیه رشد برای بلغارستان حمایت می‌شود. پارامتری^{۲۱} و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر هر دو جریان مستقیم سرمایه‌گذاری خارجی و تحولات بازار بورس بر استفاده از انرژی پاک در سراسر بازار اقتصادی ۲۰ کشور در حال ظهور در دوره زمانی ۱۹۹۱-۲۰۱۲ با استفاده از مدل تجزیه تحلیل پانل ناهمگون پرداختند و نتایج نشان داد که تولید اقتصادی، ورود مستقیم سرمایه و تحولات بازار سهام تأثیر مثبتی بر مصرف انرژی پاک دارد.

بیلدیرچیا^{۲۲} (۲۰۱۴) به بررسی رابطه بین آلودگی محیط زیست کربن دی اکسید، مصرف انرژی برق‌آبی و رشد اقتصادی در اتریش، بلژیک، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان (۱۹۷۰-۲۰۱۱)، ایسلند، ایتالیا، ایرلند، پرتغال، اسپانیا، سوئد، سوئیس (۲۰۱۱-۱۹۸۱)، ترکیه و انگلیس با استفاده از روش ARDL در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۱ پرداخت. با توجه به نتایج علیت وی، فرضیه

¹⁹ -Beheshti et al

²⁰ - Alper & Oguz

²¹ -Paramti et al

²² - Bilidiricia

حفاظت برای آلمان تعیین کننده علیت یک طرفه در حال اجرا از تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی برق آبی است. برای اتریش، فرضیه رشد علل یک طرفه ناشی از مصرف انرژی هیدرو انرژی تا تولید ناخالص داخلی را نشان می‌دهد. برای انگلستان فرضیه بی طرفی تعیین شد. برای سایر کشورها، فرضیه علیت دو طرفه تعیین شد. افزایش سرمایه‌گذاری در تأمین انرژی و هم راندمان انرژی می‌تواند بدون تأثیر آسیب بر رشد اقتصادی منا آغاز شود و بنابراین انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد. سولارین و ازترک^{۲۳} (۲۰۱۵) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی برق آبی و رشد اقتصادی در هفت کشور آمریکای لاتین و تجزیه و تحلیل در یک مدل نئو کلاسیک که شامل سرمایه و نیروی کار طی سال‌های ۱۹۹۲-۲۰۱۲ پرداخته‌اند. نتایج حاصل از این متغیرها با هم ادغام شده‌اند و نشان می‌دهد علیت طولانی مدت دو طرفه بین مصرف انرژی برق آبی و رشد اقتصادی در آرژانتین و ونزوئلا وجود دارد. علیت یک طرفه طولانی مدت از مصرف برق آبی تا رشد اقتصادی در برزیل، شیلی، کلمبیا، اکوتدور و پرو. و ضرایب بلند مدت از تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که میزان مصرف انرژی برق آبی بر اقتصاد تأثیر مثبت می‌گذارد.

عمری و کاهولی^{۲۴} (۲۰۱۴) به بررسی روابط متقابل بین مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی را با استفاده از مدل‌های داده پانل پویا در معادلات همزمان برای یک پانل جهانی متشکل از ۶۵ کشور بررسی می‌کند. مولفه زمان مجموعه داده‌ها شامل ۱۹۹۰-۲۰۱۱ است. به طور کلی، ما در مورد رابطه متقابل بین مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و رشد اقتصادی نتایج متفاوتی را نشان می‌دهیم.

باقیان لین و مبارک^{۲۵} (۲۰۱۴) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی در چین طی سال‌های ۱۹۷۷-۲۰۱۱ با استفاده از مدل سنجی ARDL پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که علیت بلند مدت دو جهته بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی وجود دارد.

آسیا^{۲۶} و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تکنیک ادغام پنل به بررسی رابطه بین مصرف انرژی تجدید پذیر، تجارت و تولید در نمونه ۱۱ کشور آفریقایی در دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۸ پرداختند و نتایج حاصل از مدل تصحیح خطای پانل نشان می‌دهد که هیچ مدرکی مبتنی بر علیت بین تولید و مصرف انرژی تجدید پذیر وجود ندارد و هم چنین بین تجارت (صادرات یا واردات) و مصرف انرژی تجدید پذیر در دراز مدت هیچ علتی از تولید یا تجارت گرفته تا انرژی تجدید پذیر نیست. و در دراز مدت، برآورد‌ها نشان می‌دهد مصرف انرژی تجدید پذیر و تجارت تأثیر معنی دار و مثبت دارد.

اوهلر و فتر^{۲۷} (۲۰۱۴) به بررسی رابطه علی بین رشد اقتصادی و تولید برق از منابع تجدید پذیر (زیست توده، زمین گرمایی، برق آبی، خورشیدی، زباله و باد) در ۲۰ کشور عضو OECD طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۸ پرداختند و نتایج حاصل از یک مدل تصحیح خطای پانلی استفاده کرد و متوجه شدند ۱-) رابطه دوطرفه بین تولید انرژی تجدید پذیر کل و تولید ناخالص واقعی وجود دارد. ۲-) زیست توده، برق آبی زباله و باد نشان می‌دهند تأثیر مثبت با تولید ناخالص داخلی دارد. ۳-) تولید برق آبی و زباله رابطه کوتاه مدت دوطرفه مثبت با تولید ناخالص داخلی دارد ۴-) زیست توده، برق آبی و زباله برای تولید برق بیشترین تأثیر را بر روی تولید ناخالص داخلی در طولانی مدت دارد که کل انرژی تجدید پذیر و برق آبی تولید ناخالص داخلی را افزایش می‌دهد و در صورت وجود سیاست‌های حفظ انرژی در تولید ناخالص داخلی تأثیر مثبت می‌گذارد.

²³ - Solarin & Ozturk

²⁴ Omri & Kahouli

²⁵ - Baghian Lin & Moubarak

²⁶ - Assia et al

²⁷ - Ohler & Fetters

اوجال و اسلان^{۲۸} (۲۰۱۳) به بررسی پیوند و علیت بین مصرف انرژی تجدید پذیر و علیت رشد اقتصادی در ترکیه با استفاده از مدل سنجی اتورگرسو با وقفه توزیع و تودا یاماموتو^{۲۹} TOD-yamamoto پرداختند و نتایج اتورگرسو با وقفه توزیع نشان داد که مصرف انرژی تجدید پذیر تأثیر منفی بر رشد اقتصادی دارد و تودا یاماموتو نشان داد که یک رابطه یک طرفه از رشد اقتصادی به مصرف انرژی تجدید پذیر وجود دارد.

آپرگیس^{۳۰} و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی روابط بلند مدت و علی بین مصرف انرژی برق آبی و رشد اقتصادی برای ۱۰ کشور که بزرگترین نیروگاه برق آبی دارند و از آن مصرف می کنند پرداختند و نتایج نشان داد که قبل از سال ۱۹۸۸ رابطه یک طرفه از تولید ناخالص داخلی به انرژی برق آبی وجود داشته است در حالی که بعد از سال ۱۹۸۸ علیت دوطرفه کوتاه و بلند مدت وجود دارد.

یزدانی و توکلی (۱۳۹۹) به بررسی تحلیل اثر سرمایه گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای سرمایه ای بر شدت انرژی در بخش های اقتصاد ایران پرداختند. برای این منظور از داده های جمعی سازی نشده در بخش های کشاورزی، حمل و نقل و صنعت و معدن طی دوره ۱۳۷۲-۱۳۹۶ استفاده و با روش داده های ترکیبی پویا، الگو برآورد شده است. علاوه بر دو متغیر فوق، از شاخص قیمت انرژی، ارزش افزوده و مجذور آن، درجه باز بودن تجاری و شاخص قیمت تولید کننده هر بخش و نرخ ارز به عنوان متغیرهای توضیحی استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد نشان می دهد که سرمایه گذاری مستقیم خارجی با یک وقفه، اثر معنادار و منفی بر شدت انرژی دارد، در حالی که واردات کالاهای سرمایه ای اثر معناداری بر شدت انرژی بخش های اقتصادی ایران نداشته و حتی ضریب با وقفه آن، شدت انرژی را افزایش داده است. علاوه بر این ارزش افزوده، شاخص قیمت انرژی و باز بودن تجاری بخش ها رابطه منفی با شدت انرژی دارد. در نهایت شاخص قیمت بهای تولید کننده و نرخ ارز رابطه مثبت با شدت انرژی دارد.

مدل مفهومی

تولید انرژی برق آبی = تابعی است از "متغیرهای اقتصادی (ارزش افزوده بخش کشاورزی، واردات کالاهای سرمایه ای، سرمایه گذاری مستقیم خارجی، خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی) و اقلیمی (دما و بارش) شاخص ترکیبی تبخیر و تعرق استاندارد شده)"

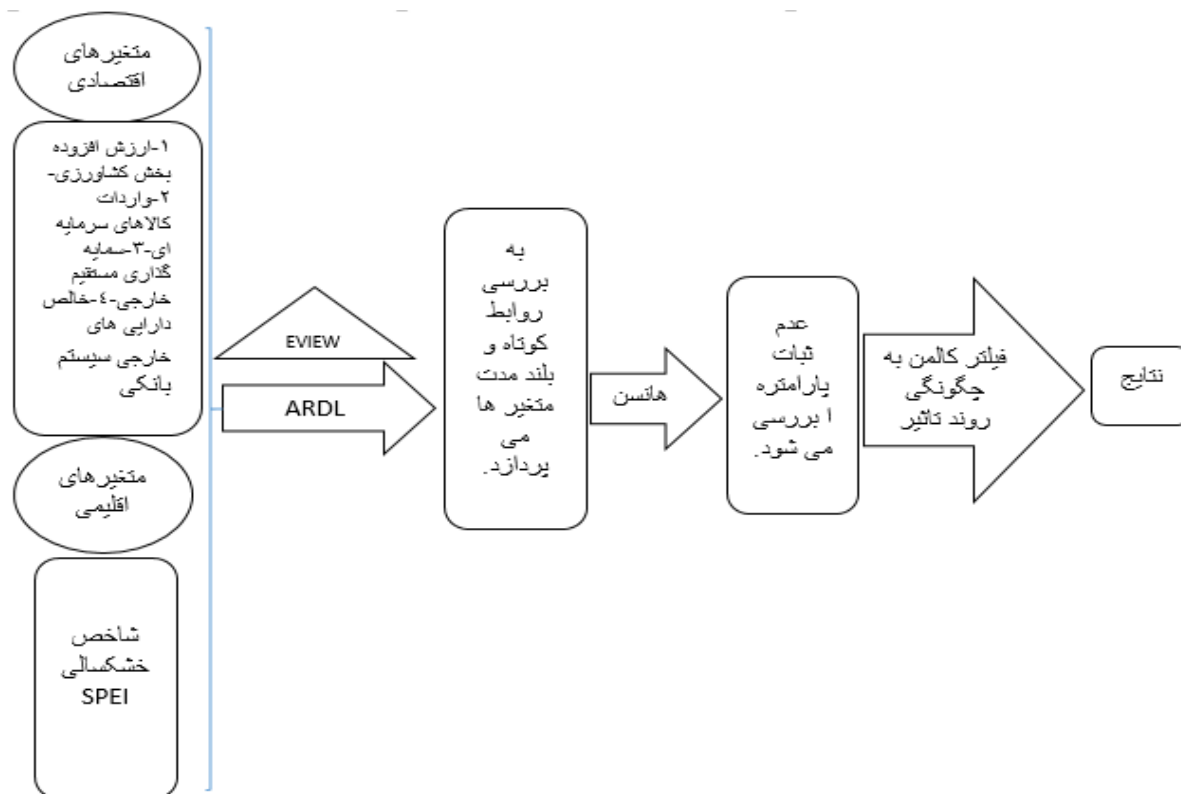
(۲۵-۳)

$$HYD=F(GAGRI,IMP,FDI,M1,SPEI)$$

²⁸ - Ocal & Aslan

²⁹ - TOD-Yamamoto

³⁰ - Apergis et al



روش تحقیق:

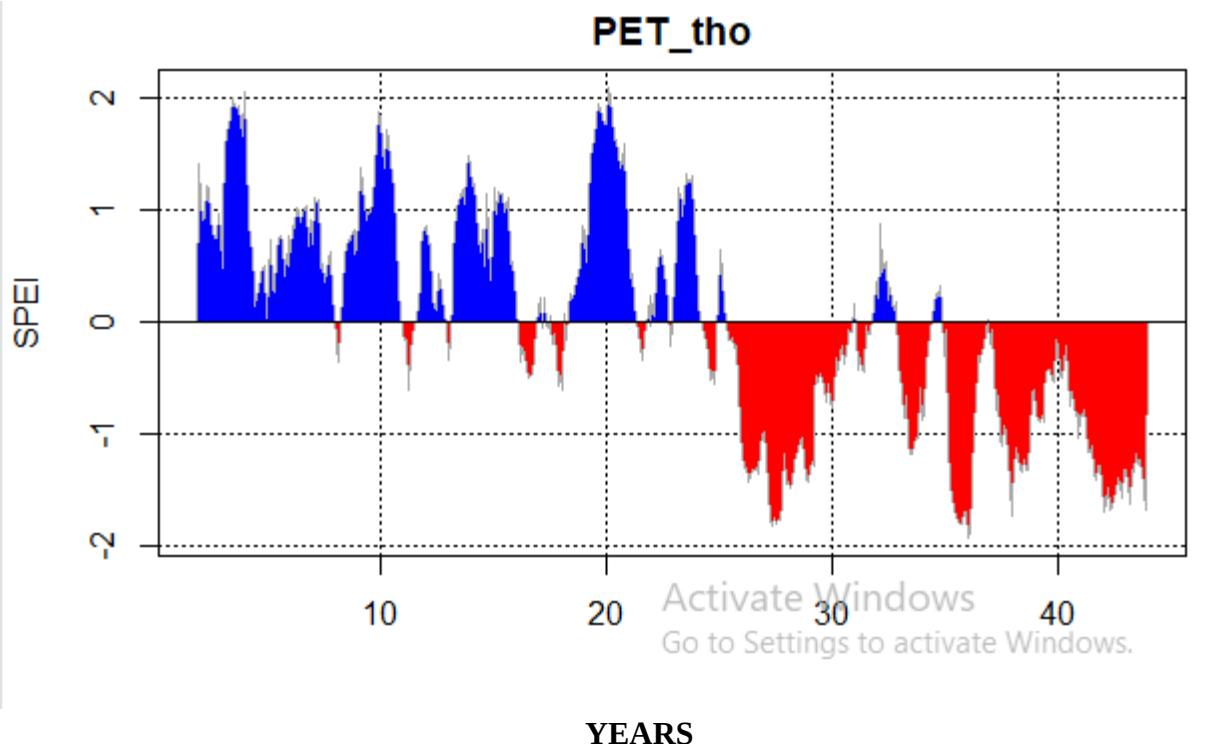
در این مقاله به چگونگی عوامل موثر بر تولید انرژی برق آبی و مقدار تاثیرگذاری هر متغیر مستقل تأثیر گذار با استفاده از دو روش اقتصاد سنجی پرداخته می شود. بدین صورت که بعد از شناخت و تعریف متغیرها و ذکر منابع اطلاعاتی مورد استفاده جهت کسب هر متغیر و به دست آوردن شاخص ترکیبی تبخیر و تعرق استاندارد شده یا خشکسالی (SPEI) با استفاده از نرم افزار برنامه نویسی RSTUDIO، آزمون ریشه واحد دیکی-فولر انجام می گیرد که نتایج آن، روشی که مورد نیاز هست را تشخیص داده می شود. برای تخمین، بعد از کسب نتایج از طریق آزمون ریشه واحد، که اگر متغیرهای مستقل از نوع (1) I و (0) I، باشند، از روش ARDL یا خود توضیح برداری استفاده خواهد شد. با اطلاعات به دست آمده از این روش به آزمون های مرتبط با نقض فروض کلاسیک پرداخته می شود. در پایان هم به علت عدم ثبات پارامترها که از طریق آزمون بی ثباتی نشان داده خواهد شد، از روش فیلتر کالمن که عملکردش بررسی پارامترهای بی ثبات در طول زمان هست استفاده خواهد شد. برای برآورد متغیرها از نرم افزار فیلتر کالمن استفاده خواهد شد. در برآورد این روش از نرم افزار Eviews9 استفاده شده است.

محاسبه شاخص SPEI

برای به دست آوردن شاخص SPEI که به شاخص تبخیر و تعرق استاندارد شده یا خشکسالی مشهور هست باید از نرم افزار برنامه نویسی RSTADIO کمک گرفت زیرا این نرم افزار دارای بسته های مختلفی برای به دست آوردن شاخص های مرتبط به اقلیم می باشد. برای به دست آوردن SPEI به داده های ماهانه دما به درجه سانتی گراد و بارش به میلی متر نیاز هست. این داده های ماهیانه برای سال های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸ برای کشور ایران استفاده شده است. برای ایجاد و گرفتن داده ها به صورت شاخص SPEI و سالانه از نرم افزار RSTADIO استفاده می شود.

بعد از وارد کردن دستور داده های دما و بارش به شاخص SPEI تبدیل می شوند که از این داده ها برای تحقیق و تخمین ها در مدل های اقتصاد سنجی ARDL و فیلتر کالمن استفاده می کنیم.

نمودار (۱)-ارزیابی شاخص SPEI در طی سال های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸*



منبع: یافته های تحقیق

*نکته: شاخص SPEI تفاوت بین بارندگی و تبخیر را نشان می دهد. اعداد بین صفر و مثبت ۲ دوران ترسالی (دورانی که میزان بارندگی از تبخیر بیشتر بوده است) و اعداد بین صفر و منفی ۲ دوران خشکسالی (دورانی که بارندگی در آن کم بوده و میزان تبخیر به علت افزایش دما از بارندگی بیشتر بوده است) را نشان می دهد.

ارزیابی شاخص های خشکسالی در مقیاس زمانی سالانه و طی سال های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸ برای کل کشور ایران می باشد. بخش های آبی رنگ که عموماً در سمت چپ می باشند و در بازه ۰ تا ۲ هستند نشان دهنده عدم خشکسالی هستند و بخش های قرمز رنگ که عموماً در سمت راست تصویر هستند و در بازه ۰ تا منفی ۲ می باشند نشان دهنده ی خشکسالی کشور می باشند.

جدول (۱) - معرفی متغیرها و پایگاه های اطلاعاتی

منبع اطلاعات	متغیر	نماد	دوره زمانی: ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸ ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۹
بانک مرکزی ایران	تولید انرژی برق آبی	hyd	
بانک مرکزی ایران	رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی	gagri	
بانک مرکزی ایران	واردات کالاهای سرمایه‌ای	IMP	
Climate knowledge Portal World bank پژوهشکده اقلیم شناسی RSTUDIO	شاخص تبخیر و تعرق استاندارد شده یا شاخص خشکسالی	SPEI	
بانک مرکزی ایران	حجم نقدینگی ورود خالص دارایی‌های خارجی سیستم بانکی	m1	
بانک مرکزی ایران	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	fdi	
-	متغیر دامی	Dum	
-	عرض از مبدا	C	

در این پژوهش جهت بررسی بهتر مدل، متغیر ارزش افزوده بخش کشاورزی به صورت نرخ رشد می‌باشد. هم چنین شاخص SPEI به عنوان شاخص خشکسالی (از ترکیب داده های دما و بارش) استفاده خواهد شد. همان طور که در فصل گذشته، آزمون ریشه واحد توضیح داده شد، در جهت مانع شدن از ایجاد رگرسیون کاذب و بررسی مناسب مدل اقتصاد سنجی، لازم است که برای یک به یک متغیرها به منظور مانایی، آزمون ریشه وحد دیکی - فولر انجام شود.

برآورد الگوی ARDL

روش اقتصاد سنجی اتو رگرسیو با وقفه توزیعی یا همان ARDL برای سنجش و تخمین متغیرهای وابسته و مستقلی به کار می رود که دارای مانایی در سطح (0) I و مانایی در سطح با تفاضل یک مرتبه (1) I هستند. این مدل به رابطه کوتاه مدت و بلند مدت بین متغیرها می پردازد. تخمین مدل با استفاده از نرم افزار اقتصاد سنجی 9 Eviews انجام گرفته است. از معیار شوارتز- بیزین برای تعیین وقفه های بهینه استفاده شده است زیرا برای زیر ۱۰۰ تا داده از معیار شوارتز- بیزین که درجه آزادی زیادی از دست نمی دهند استفاده می شود.

معادله مورد نظر برای روش ARDL رابطه (۴-۲) می باشد.

$$HYD_t = \alpha_0 + \alpha_1 GAGRI_t + \alpha_2 SPEI1_t + \alpha_3 IMP_t + \alpha_4 FDI_t + \alpha_5 M1_t + \alpha_6 DUM_t + u_t$$

(۲-۴)

متغیر HYD تولید انرژی برق آبی می باشد، GAGRI رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی می باشد، SPEI1 شاخص استاندارد شده ی تبخیر و تعرق یا همان شاخص خشکسالی می باشد، IMP واردات کالاهای سرمایه ای، FDI سرمایه گذاری مستقیم خارجی، M1 خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی می باشد و در واقع بخش نقدی سرمایه گذاری مستقیم خارجی است و DUM متغیر دامی است که سال های جنگ را سال های بحران در نظر گرفته است.

جدول (۲) - بر آورد معادله پویا ARDL

Prob.*	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	Variable
۰/۵۳۱۱	۰/۶۳۸۶۱۰	۰/۱۷۸۲۲۷	۰/۱۱۳۸۱۷	HYD (-1)
۰/۱۰۷۶	-۱/۶۹۳۲۶۷	۰/۱۵۰۸۰۷	-۰/۲۵۵۳۵۶	HYD (-2)
۰/۳۵۱۸	-۰/۹۵۵۸۵۲	۰/۱۵۲۲۷۱	-۰/۱۴۵۵۴۹	HYD (-3)
۰/۰۰۴۸	۳/۲۱۷۹۹۵	۰/۱۶۰۸۸۶	۰/۵۱۷۷۳۰	HYD (-4)
۰/۰۰۰۱	۴/۷۹۳۴۸۳	۲۴/۰۷۵۸۶	۱۱۵/۴۰۷۲	GAGRI
۰/۰۰۰۲	۴/۷۰۶۳۴۲	۵۹۹/۸۱۸۲	۲۸۲۲/۹۵۰	SPEI1
۰/۰۳۷۲	-۲/۲۵۰۰۹۳	۰/۲۷۹۲۶۹	-۰/۶۲۸۳۸۱	IMP
۰/۱۳۸۵	-۱/۵۵۰۲۵۲	۰/۲۵۷۲۱۲	-۰/۳۹۸۷۴۳	IMP (-1)
۰/۳۳۲۴	-۰/۹۹۶۰۸۱	۰/۲۷۵۱۲۵	-۰/۲۷۴۰۴۷	IMP (-2)
۰/۴۶۳۶	۰/۷۴۸۸۲۱	۰/۲۹۲۳۲۶	۰/۲۱۸۹۰۰	IMP (-3)
۰/۰۰۰۱	-۵/۰۷۸۷۲۱	۰/۲۴۸۷۲۲	-۱/۲۶۳۱۹۰	IMP (-4)
۰/۸۸۶۳	-۰/۱۴۵۰۵۵	۰/۰۰۰۰۰۰۴۵۷	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۶۶۳	FDI
۰/۰۱۳۳	۲/۶۵۷۶۲۳	۰/۰۰۰۰۰۰۵۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶۰۲	FDI (-1)
۰/۰۱۲۸	۲/۷۶۳۵۵۳	۰/۰۰۰۰۰۰۶۲۹	۰/۰۰۰۰۰۰۱۷۴	FDI (-2)
۰/۰۱۸۲	۲/۵۹۸۵۱۱	۰/۰۰۰۰۰۰۶۵۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱۷	FDI (-3)
۰/۱۶۰۶	۱/۴۶۳۳۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰۶۵۴	۰/۰۰۰۰۰۰۹۵۷	FDI (-4)
۰/۰۱۲۵	-۲/۷۷۳۲۴۵	۰/۰۰۰۱۱۶۵	-۰/۰۰۰۳۲۳۱	M1
۰/۸۷۰۸	-۰/۱۶۴۹۵۸	۱۴۸۲/۵۸۵	-۲۴۴/۵۶۴۸	DUM
۰/۱۴۳۱	۱/۵۳۱۲۴۷	۲۷۴۴/۲۹۴	۴۲۰۲/۱۹۴	C
۰/۰۰۱۵	۳/۷۳۲۰۰۰	۱۳۴/۱۰۰۷	۵۰۰/۴۶۳۸	@TREND
۱۰۱۶۹/۲۳		Mean dependent var	۰/۹۵۴۱۲۰	R-squared
۵۳۴۰/۳۷۷		S.D. dependent var	۰/۹۰۵۶۹۱	Adjusted R-squared
۱۷/۹۴۸۲۲		Akaike info criterion	۱۶۴۰/۰۲۰	S.E. of regression
۱۸/۸۱۰۱۱		Schwarz criterion	۴۸۴۱۳۹۹۶	Sum squared resid
۱۸/۲۵۴۸۷		Hannan-Quinn criter	-۳۲۱/۰۱۶۲	Log likelihood

۱/۶۰۴۱۸۳	Durbin-Watson stat	۱۹/۷۰۱۳۷	F-statistic
		۰/۰۰۰۰۰۰	Prob (F-statistic)

منبع: یافته های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۴-۴) می توان فهمید که تولید انرژی برق آبی با چهاروقفه بر خودش تأثیر می گذارد، یعنی حداقل چهار سال طول می کشد تا تولید انرژی برق آبی، بر تولید انرژی برق آبی اثر بگذارد، رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی و شاخص SPEI1 بدون وقفه بر تولید انرژی برق آبی اثر می گذارد. واردات کالاهای سرمایه ای بدون وقفه و بعد ۴ سال وقفه بر تولید انرژی برق آبی اثر می گذارد. انرسمایه گذاری مستقیم خارجی با دو و سه سال وقفه بر تولید انرژی برق آبی اثر می گذارد و خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی بدون وقفه بر تولید انرژی برق آبی تأثیر می گذارد. پس می توان گفت وقفه بهینه کلی به صورت (4, 0, 0, 4, 4, 0) می باشد.

۴-۶ نقض فرض کلاسیک

در جهت قابل اطمینان بودن نتایج حاصل از برآورد در قسمت گذشته لازم است که به بررسی آزمون های نقض فرض کلاسیک که عبارت اند از: خود همبستگی، واریانس نا همسانی و نرمالیتی پرداخته شود. نتایج این آزمون ها در جدول (۳) آمده است. نتایج نشان دهنده آن است که ایرادی در مورد نقض فرض کلاسیک موجود نمی باشد و مدل از جز اخلال نرمال، واریانس همسان و عدم همبستگی بین اجزاء اخلال برخوردار است.

جدول (۳) - نتایج آزمون نقض فرض کلاسیک

F		?		آزمون
احتمال	آماره	احتمال	آماره	
۰/۷۱۰۰	F-statistic ۰/۳۴۹۹۰۱	Prob. Chi-Square (2) ۰/۴۵۱۰	Obs*R-squared ۱/۵۹۲۳۸۳	عدم خودهمبستگی
		Probability ۰/۶۹۸۱۰۵	Jurque- Bera ۰/۷۱۸۷۷۲	نرمال بودن جز خطا
۰/۹۱۷۴	F-statistic ۰/۵۱۸۸۲۶	۰/۸۱۴۹	Obs*R-squared ۱۳/۴۴۶۶۳	عدم واریانس همسانی

منبع: یافته های پژوهش

برآورد الگوی بلند مدت

جدول (۴) - ARDL Bounds Test

k	Value	Test Statistic
		Critical Value Bounds
۵	۲/۱۴۱۳۳۹	F-statistic
I1 Bound	I0 Bound	Significance

۳/۷۹	۲/۷۵	٪۱۰
۴/۲۵	۳/۱۲	٪۵

با توجه به جدول (۴) که مرتبط با آمون باند می باشد نشان می دهد که ارزش F-statistic ۲/۱۴۱۳۳۹ می باشد که از دو محدوده ی دو کرانه ی پایین و کرانه ی بالا در سطوح ۵ درصد و ۱۰ درصد کمتر است. در نتیجه نشان می دهد که متغیر های تخمین زده شده با مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی رابطه ی بلند مدت ندارند.

جدول (۵) - فرم همبستگی و طولانی مدت ARDL

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
D (HYD (-1))	-۰/۱۱۶۸۲۶	۰/۱۹۴۳۰۰	-۰/۶۰۱۲۶۶	۰/۵۵۵۲
D (HYD (-2))	-۰/۳۷۲۱۸۲	۰/۱۶۹۷۳۳	-۲/۱۹۲۷۴۵	۰/۰۴۱۷
D (HYD (-3))	-۰/۵۱۷۷۳۰	۰/۱۶۰۸۸۶	-۳/۲۱۷۹۹۵	۰/۰۰۴۸
D (GAGRI)	۱۱۵/۴۰۷۲۴۱	۲۴/۰۷۵۸۶۱	۴/۷۹۳۴۸۳	۰/۰۰۰۱
D (SPEI1)	۲۸۲۲/۹۴۹۵۴۱	۵۹۹/۸۱۸۱۸۳	۴/۷۰۶۳۴۲	۰/۰۰۰۲
D (IMP)	-۰/۶۲۸۳۸۱	۰/۲۷۹۲۶۹	-۲/۲۵۰۰۹۳	۰/۰۳۷۲
D (IMP (-1))	۰/۲۷۴۰۴۷	۰/۲۷۵۱۲۵	۰/۹۹۶۰۸۱	۰/۳۳۲۴
D (IMP (-2))	-۰/۲۱۸۹۰۰	۰/۲۹۲۳۲۶	-۰/۷۴۸۸۲۱	۰/۴۶۳۶
D (IMP (-3))	۱/۲۶۳۱۹۰	۰/۲۴۸۷۲۲	۵/۰۷۸۷۲۱	۰/۰۰۰۱
D (FDI)	-۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۰	-۰/۱۴۵۰۵۵	۰/۸۸۶۳
D (FDI (-1))	-۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱	-۲/۷۶۳۵۵۳	۰/۰۱۲۸
D (FDI (-2))	-۰/۰۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۰۱	-۲/۵۹۸۵۱۱	۰/۰۱۸۲
D (FDI (-3))	-۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۱	-۱/۴۶۳۳۹۶	۰/۱۶۰۶
D (M1)	-۰/۰۰۳۲۳۱	۰/۰۰۱۱۶۵	-۲/۷۷۳۲۴۵	۰/۰۱۲۵
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
D (DUM)	-۲۴۴/۵۶۴۷۵۴	۱۴۸۲/۵۸۴۷۶۹	-۰/۱۶۴۹۵۸	۰/۸۷۰۸
D (@TREND ())	۵۰۰/۴۶۳۷۵۶	۱۳۴/۱۰۰۶۶۹	۳/۷۳۲۰۰۰	۰/۰۰۱۵
CointEq (-1)	-۰/۷۶۹۳۵۷	-۰/۲۷۵۶۵۴	-۲/۷۹۱۰۲۰	۰/۰۱۲۱

منبع: یافته های تحقیق

معادله زیر رابطه بلند مدت بین متغیر های اقتصادی و اقلیمی با تولید انرژی برق آبی را نشان می دهد.

$$\text{Cointeq} = \text{HYD} - (۱۵۰/۰۰۴۸ * \text{GAGRI} + ۳۶۶۹/۲۳۳۴ * \text{SPEI1} -$$

$$۳/۰۴۸۶ * \text{IMP} +$$

$$۰/۰۰۰۰ * \text{FDI} - ۰/۰۰۴۲ * \text{M1} - ۳۱۷/۸۸۲۱ \text{DUM} + ۵۴۶۱/۹۵۷۴ + ۶۵۰/۴۹۶۳$$

*@TREND)

(۳-۴)

جدول (۶) نشان می‌دهد که رابطه‌ی کوتاه مدت بین متغیرها نیز وجود دارد زیرا احتمال همه متغیرها به غیر از متغیر دامی در سطح خطا ۵ درصد معنا دار می‌باشند.

جدول (۶) - ضرایب طولانی مدت*

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob
GAGRI	۱۵۰/۰۰۴۸۴۳	۶۳/۵۹۰۱۵۹	۲/۳۵۸۹۳۲	۰/۰۲۹۸
SPEI1	۳۶۶۹/۲۳۳۳۹۶	۱۳۳۳/۳۵۸۸۴۵	۲/۷۵۱۸۷۲	۰/۰۱۳۱
IMP	-۳/۰۴۸۶۰۰	۱/۴۲۵۲۸۸	-۲/۱۳۸۹۳۶	۰/۰۴۶۴
FDI	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۲	۲/۷۸۷۵۴۹	۰/۰۱۲۲
M1	-۰/۰۰۴۲۰۰	۰/۰۰۱۳۳۳	-۳/۱۵۱۹۹۲	۰/۰۰۵۵
DUM	-۳۱۷/۸۸۲۱۱۲	۱۹۳۴/۷۷۱۶۴۳	-۰/۱۶۴۳۰۰	۰/۸۷۱۳
C	۵۴۶۱/۹۵۷۴۲۳	۳۴۷۸/۲۹۲۷۹۰	۱/۵۷۰۲۹۸	۰/۱۳۳۸
@TREND	۶۵۰/۴۹۶۳۳۴	۲۶۳/۵۰۵۶۸۱	۲/۴۶۸۶۲۴	۰/۰۲۳۸

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که تمام متغیرها به غیر از متغیر دامی و عرض از مبدا در سطح خطا ۵ درصد معنادار هستند. *توضیح: نتایج تخمین مدل ARDL بدون در نظر گرفتن متغیر دامی DUM نیز همین گونه بوده و با هنگامی که متغیر دامی وجود دارد، در نتایج نهایی فرقی حاصل نمی‌شود. علت آن هم بی معنا بودن متغیر دامی در مدل هست. که پرآب آن نشان از بی معنا بودن متغیر دامی در مدل هست. می‌توان برای مشاهده تخمین‌ها به پیوست مراجعه کرد.

۱- در این مدل نشان می‌دهد که اگر رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی ۱ درصد افزایش یابد، تولید انرژی برق‌آبی ۱۵۰/۰۰۴۸۴۳ واحد افزایش می‌یابد.

۲- اگر شاخص تبخیر و تعرق یا خشکسالی استاندارد شده یک واحد افزایش یابد، تولید انرژی برق‌آبی ۳۶۶۹/۲۳۳۳۹۶ واحد افزایش می‌یابد.

۳- اگر واردات کالاهای سرمایه‌ای یک واحد افزایش پیدا کند تولید انرژی برق‌آبی ۳/۰۴۸۶۰۰- کاهش می‌یابد.

۴- اگر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی یک واحد افزایش یابد، تولید انرژی برق‌آبی به مقدار کم و ناچیزی به اندازه ۰/۰۰۰۰۰۶ واحد افزایش می‌یابد.

۵- چنانچه خالص دارایی‌هایی خارجی سیستم بانکی به اندازه یک واحد افزوده شود، تولید انرژی برق‌آبی، به اندازه ناچیز ۰/۰۰۴۲۰۰- واحد کاهش می‌یابد.

۶- علت معنادار بودن متغیر @TREND به علت افزایش ظرفیت نیروگاه‌های برق‌آبی در طی زمان بوده است. * این ۵ مورد در صورتی صدق می‌کنند که پارامترها بعد از انجام آزمون مجموع مجذور خطاهای بازگشتی یا CUSUMQ و هانسن نشان دهند که در طول زمان با ثبات هستند در غیر این صورت باید به نتایج آزمون دیگری رجوع کرد. می‌توان این ضرایب را در فرمول جایگذاری کرد تا با ریاضی جلوه دادن موضوع مسئله به راحتی نمایش داده شود.

$$HYD = 5461/957423 + 150/004843GAGRI + 3669/233396SPEI1 - 3/048600$$

$$IMP + 0/000006FDI - 0/004200M1 + 650/496334@TREND$$

(۴-۴)

* متغیر ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی به عنوان متغیر مستقل همراه با همین متغیرهای کنونی بر تولید انرژی برق آبی تخمین زده شده است اما به دلیل وجود هم خطی با سایر متغیرها امکان ادامه وجود نداشت. ولی $@TREND$ را بی معنا می کرد. در صورت حذف متغیرهایی که با متغیر ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی هم خطی می دهند؛ خود متغیر ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی بی معنا میشد. می توان برای اطلاعات بیشتر به پیوست مراجعه کرد.

آزمون ثبات پارامترها

برای اینکه از ثبات و پایداری روابط حاصل شده اطلاع کسب شود، باید از آزمون ثبات پارامترها استفاده شود. به همین دلیل در این جا از آزمون ناپایداری هانسن استفاده می گردد.

فرضیه صفر این آزمون پایداری پارامترها را بیان می کند. در جدول زیر نتیجه این آزمون آورده شده است.

جدول (۷) - نتایج آزمون هانسن ARDL

سری زمانی: HYD GAGRI SPEI1 IMP FDI M1 DUM				
سطح احتمال	Excluded Trend	Deterministic Trend	Stochastic Trend (m)	LC statistic
< 0/01	.	.	۶	۱/۳۵۳۲۴۶

منبع: یافته های پژوهش

همانطور که نتایج جدول (۷) نشان می دهند، کل مدل دارای عدم ثبات پایداری پارامترهاست. به همین علت از روش اقتصادسنجی کالمن فیلتر که به برآورد پارامترهای بی ثبات در طول زمان می پردازد نیز استفاده می شود.

جدول (۸) - نتایج آزمون هانسن برای فیلتر کالمن

سری زمانی: HYD GAGRI SPEI1 IMP FDI M1				
Prob.*	Trends (p2)	Trends (k)	Trends (m)	Lc statistic
< 0/01	.	.	۵	۱/۵۹۲۳۸۰

منبع: یافته های پژوهش

همانطور که نتایج آزمون هانسن جدول (۸) نشان می دهند، کل مدل با حذف متغیر دامی (DUM) نیز دارای عدم ثبات پایداری پارامترهاست. و با توجه به اینکه نمی توان از متغیر مجازی دامی در روش فیلتر کالمن استفاده کرد؛ متغیرها در ادامه بدون دخالت متغیر دامی تخمین زده می شوند. چون خود مدل فیلتر کالمن بحران ها و شکست ساختاری هایی که منجر به بی ثباتی پارامترها و بحران ها می شوند را می سنجد.

برآورد مدل با استفاده از روش فیلتر کالمن

با توجه به آن چه در فصل گذشته ذکر شد، مدل کالمن فیلتر سبب می شود که محقق این امکان را پیدا کند که علی رغم وجود نا پایداری پارامترها، به برآورد مدل پرداخته شود و این ویژگی مثبت فیلتر کالمن نسبت به سایر مدل های اقتصادسنجی می باشد. در دنیای واقعی، این انتظار که پارامترها در طول دوره ی زمانی ثابت بمانند، خارج از حد تصور است. بی ثباتی پارامترها به این دلیل است که پارامترها در طی دوره ی زمانی نسبت به متغیر های بیرونی مثل سیاست، متغیر های اجتماعی و فرهنگی و حتی اقلیمی از خود واکنش نشان می دهند که همین امر نشان دهنده تغییر همیشگی در جامعه و عدم انطباق آن با مدل های ساده و ایستا که در آن برخی پارامترها در طول زمان ثابت هستند، دارد.

روش کالمن فیلتر، که از انواع روش های فضا-حالت می باشد دارای دو معادله مشاهده و معادله انتقال یا گذر هست. در معادلات فضا-حالت امکان در نظر گرفتن متغیر مجازی وجود ندارد چرا که رویکرد معادلات فضا-حالت به منظور در نظر گرفتن شوک های وارد بر سیستم طراحی شده اند (سانگ، ویت، جنسن، ۲۰۰۳). هم چنین در مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن نیاز نیست که داده ها قبل از برآورد ایستا باشند و محقق لازم نیست که از آزمون های ریشه واحد استفاده کند (سانگ و ویت، ۲۰۰۰)

در برآورد این روش از نرم افزار 9 EViews استفاده شده است. و معادلات فیلتر کالمن به صورت مجموعه روابط (۴-۵) می باشد.

$$\begin{aligned} \text{HYD} &= \alpha_{0t} + \alpha_{1t} \text{GAGRI}_t + \alpha_{2t} \text{SPEI1}_t + \alpha_{3t} \text{IMP}_t + \alpha_4 \text{FDI}_t + \alpha_5 \text{M1}_t u_t \\ &= \beta_{0t} \alpha_{0,t-1} + v_{0t} \alpha_{0t} \\ &= \beta_{0t} \alpha_{0,t-1} + v_{1t} \alpha_{1t} \\ &= \beta_{0t} \alpha_{0,t-1} + v_{2t} \alpha_{2t} \\ &= \beta_{0t} \alpha_{0,t-1} + v_{3t} \alpha_{3t} \end{aligned}$$

(۴-۵)

نتایج حاصل از این برآورد در جدول پایین آورده شده است. لازم به ذکر است که در نرم افزار که در نرم افزار 9 Eviews گزارش α_t ها با علامت اختصار SV نمایش داده می شود. در مجموعه روابط (۴-۶) نشان داده شده است کدام متغیر ها ثابت C و کدام متغیر ها تغییر پذیر SV در نظر گرفته شده اند.

$$\text{@signal HYD} = c(1)*\text{FDI} + c(2)*\text{M1} + sv1*\text{GAGRI} + sv2*\text{SPEI1} + sv3*\text{IMP} + [\text{var} = \exp(c(3))]$$

$$\text{@state sv1} = sv1(-1)$$

$$\text{@state sv2} = sv2(-1)$$

$$\text{@state sv3} = sv3(-1)$$

(۴-۶)

جدول (۹) - نتایج حاصل از آزمون فیلتر کالمن

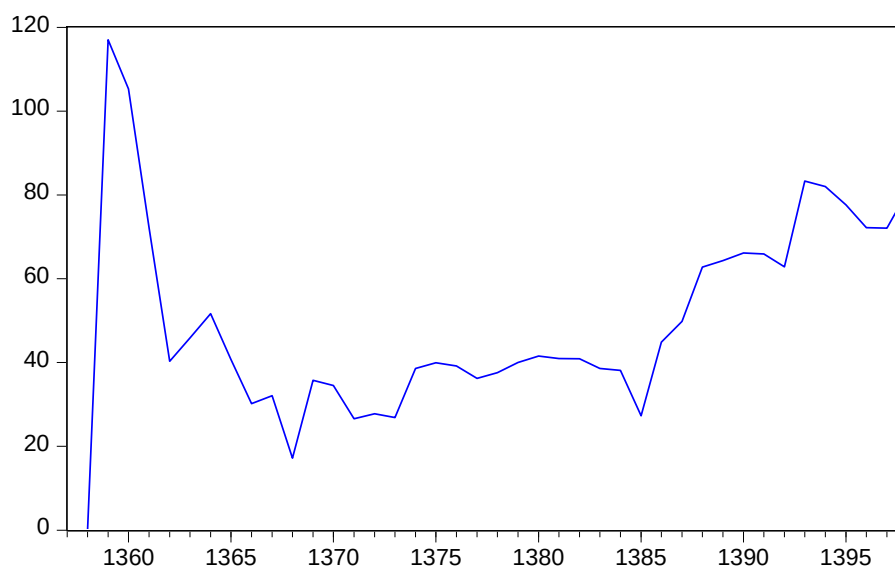
متغیر	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C (1)	۰/۰۰۰۰۰۰۹۵۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۱۳	۸۴۰۹۱۶۹	۰/۰۰۰۰
C (2)	-۰/۰۰۲۲۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۲۶	-۱۷۴۸۴۹۷۳	۰/۰۰۰۰
C (3)	۰/۶۲۰۶۵۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۵۶	۳۹۷۷۸۹۲۰	۰/۰۰۰۰
متغیر	Final State	Root MSE	z-Statistic	Prob.
SV1	۱۵۶/۳۹۲۵	۰/۰۱۳۱۳۱	۱۱۹۱۰/۶۰	۰/۰۰۰۰
SV2	-۶۲/۵۲۱۱۹	۰/۱۹۳۸۷۶	-۳۲۲/۴۸۰۷	۰/۰۰۰۰
SV3	۰/۸۷۱۵۲۰	۰/۰۰۰۰۰۰۴۷۱	۱۸۵۱۵/۵۴	۰/۰۰۰۰
۸۳۵۷۵۵۶	Akaike info criterion		-۱۷۶۰۰۰۰۰	Log likelihood
۸۳۵۷۵۵۶	Schwarz criterion		۳	Parameters
۸۳۵۷۵۵۶	Hanan-Quinn criter		۳	Diffuse

منبع: یافته ای پژوهش

با توجه به معادلات بالا و اطلاعات ذکر شده در فصل گذشته در رابطه با مدل اقتصادسنجی فیلتر کالمن، این مدل امکان بررسی تغییرات پارامترها (α_t) را در طول زمان نشان می‌دهد. به بیانی دیگر در این روش برخلاف سایر مدل‌های سنجی، به ازای هر سال، پارامتر α_t مخصوص به همان سال نیز نمایش داده می‌شود. بنابراین در ادامه روند تغییر پارامتر هر متغیر در طول زمان از طریق روش فیلتر کالمن ترسیم شده است

نمودار (۲) - تغییر روند پارامتر α_{1t} (GAGRI) در طی زمان

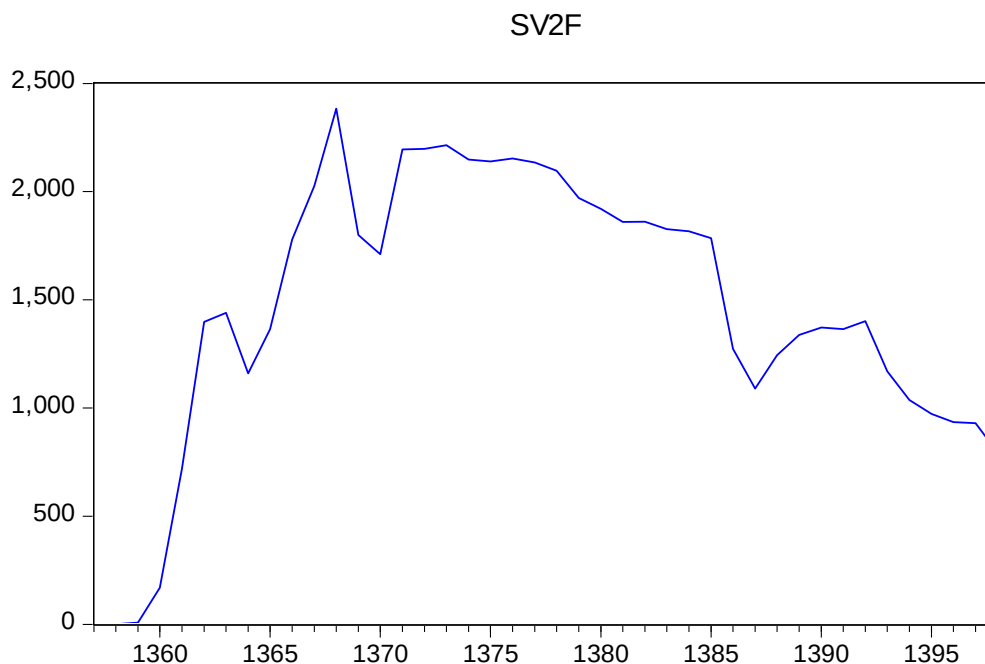
SV1F



منبع: یافته های پژوهش

نمودار (۲-۴) تغییر روند رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی را نشان می‌دهد که از سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۶۸ رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی سقوط کرده و بعد از آن طی یک دوره ۳۰ ساله روند صعودی و مثبتی را در پیش گرفته است که سبب شده اثرش بر تولید انرژی برق‌آبی مثبت و معنادار شود.

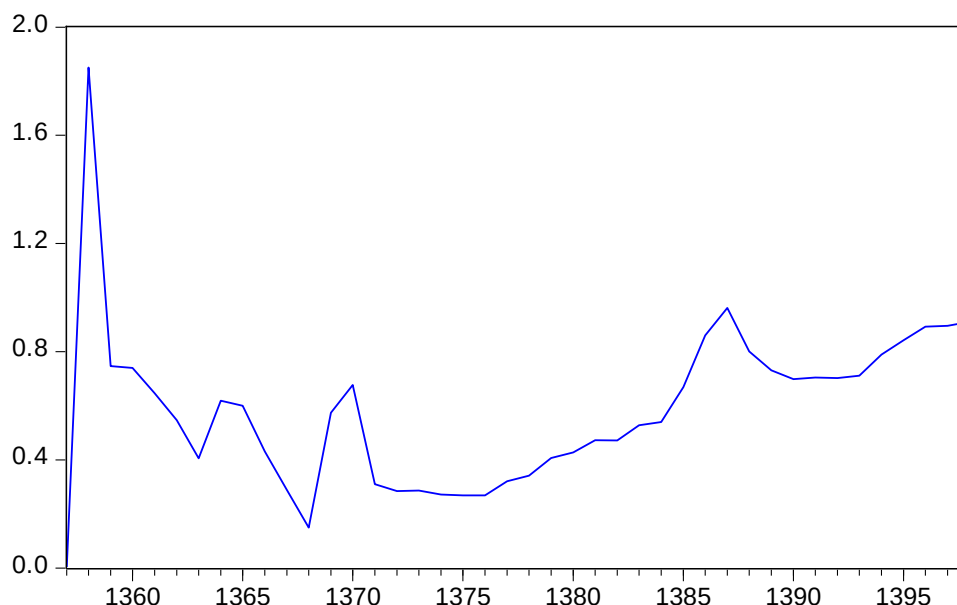
نمودار (۳) - تغییر روند پارامتر α_2 (SPEI) در طی زمان



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار (۳-۴) نشان دهنده تغییر روند پارامتر اثر شاخص تبخیر و تعرق استاندارد شده یا همان SPEI1 در طی زمان می‌باشد که با توجه به اینکه طی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۷ دارای روند بسیار نامنظمی می‌باشد، اما بعد از سال ۱۳۷۱ این روند نزولی می‌شود، که این روند نزولی نشان از کاهش بارندگی در طی سال‌های اخیر دارد که سبب می‌شود اثر شاخص SPEI1 بر تولید انرژی برق‌آبی منفی شود. یعنی با افزایش خشکسالی تولید انرژی برق‌آبی کاهش می‌یابد. چون شاخص SPEI تفاوت بارندگی و تبخیر را نشان می‌دهد و وقتی نمودار دارای روند نزولی باشد یعنی این که میزان تبخیر از بارندگی بیشتر بوده و از سال ۱۳۷۱ به بعد شاهد خشکسالی بودیم. که این خشکسالی از میزان آب پشت سدها می‌کاهد و منجر به کاهش تولید انرژی برق‌آبی می‌شود.

نمودار (۴) - تغییر روند پارامتر α_{3t} (IMP) در طی زمان SV3F



منبع: یافته های پژوهش

نمودار (۴-۴) نشان دهنده تغییر روند پارامتر واردات کالاهای سرمایه‌ای می‌باشد که در سال ۱۳۵۸ این میزان به قله خود رسیده است و سپس بعد از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۸ این روند نا منظم و به طور کلی ثابت می‌باشد و این ممکن است به خاطر سال‌های جنگ بوده که تا ۱۳۶۸ ادامه داشته است؛ همان طور که مشاهده می‌شود در پایان سال ۱۳۶۸ که جنگ تمام شده است اثر واردات کالاهای سرمایه‌ای تا سال ۱۳۷۰ افزایش یافته است. چون آثار جنگ و جبران آن از طریق واردات و ساخت و سازهای مجدد ادامه داشته است و این کمتر از یک سال اتفاق افتاده است، بعد از سال ۱۳۷۱-۱۳۷۲ تا پایان دوره مورد مطالعه یعنی سال ۱۳۹۸ روند واردات کالاهای سرمایه‌ای صعودی بوده و این به خاطر ثبات اقتصادی و بهبود کشور بعد از دوران جنگ می‌باشد. از آنجایی که دوره مورد مطالعه ما ۴۲ ساله بوده است و بیشتر سال‌ها روند پارامتر واردات کالاهای سرمایه‌ای (IMP) صعودی بوده در مجموع واردات کالاهای سرمایه‌ای اثر مثبتی بر تولید انرژی برق‌آبی کشور داشته است.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله از دو روش اقتصادسنجی $ARDL$ و فیلتر کالمن جهت بررسی اثر متغیرهای اقتصادی و اقلیمی بر تولید انرژی برق‌آبی در طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون ناپایداری پارامترها (هانسن) نشان داد که علاوه بر تخمین مدل $ARDL$ باید برای کسب اطمینان بیشتر از مدل اقتصادسنجی فیلتر کالمن که بی‌ثباتی پارامترها در طی زمان را هم می‌سنجد استفاده شود.

با توجه به مبانی نظری در ارتباط با تولید انرژی برق‌آبی و کشاورزی باید گفت در دورانی که خشکسالی زیاد می‌شود باید برای تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های حوزه کشاورزی از آب پشت سدها استفاده شود؛ یا اگر فعالیت‌های کشاورزی زیاد می‌شود باید در بعضی مناطق که دارای سد می‌باشند و بارندگی در آن سال کم بوده است از آب پشت سدها برای تأمین آب کشاورزی

استفاده کرد. به همین جهت مبانی نظری مشخص می کند که با افزایش خشکسالی مقدار آب پشت سدها کاهش پیدا می کند که تولید انرژی برق آبی را با مشکل مواجه می سازد. از نتایج حاصل از جدول برآورد معادله پویا (۴-۴) آزمون اتورگرسیو با وقفه توزیعی (ARDL) می توان نتیجه گرفت که رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی، شاخص استاندارد شده ی خشکسالی یا شاخص استاندارد شده ی تبخیر و تعرق (SPEI1) اثر مثبت و معنادار و بدون وقفه بر تولید انرژی برق آبی دارند و همچنین این دو متغیر با بررسی الگوی بلند مدت در سطح خطا ۵٪ نیز بر تولید انرژی برق آبی اثر مثبتی دارند. یعنی با افزایش ارزش افزوده بخش کشاورزی و شاخص خشکسالی SPEI که میزان تفاوت بارندگی و تبخیر را نشان می دهد تولید انرژی برق آبی افزایش می یابد و فرضیه ی ما با توجه به تخمین های مدل ARDL مبنی بر اینکه رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی منجر به کاهش تولید انرژی برق آبی می شود رد می شود، اما فرضیه ای که نشان می دهد افزایش بارندگی سبب

سایر متغیرها که اقتصادی هستند که شامل واردات کالاهای سرمایه ای، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی می باشند به ترتیب اثر منفی، مثبت و منفی بر تولید انرژی برق آبی دارند که البته اثر منفی واردات کالاهای سرمایه ای بر تولید انرژی برق آبی بسیار قابل توجه تر از اثرات ناچیز سرمایه گذاری مستقیم خارجی و خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی می باشد.

این نتایج به دست آمده منطقی به نظر نمی رسد؛ زیرا واردات کالاهای سرمایه ای اثر منفی بر تولید انرژی برق آبی دارد و با مبانی نظری همخوانی ندارد و وقتی برای اطمینان بیشتر از آزمون ناپایداری پارامترها (هانسن) در طول زمان استفاده می شود، نتیجه گرفته می شود که پارامترها در طول زمان بی ثبات هستند و باید علاوه بر مدل اقتصاد سنجی اتورگرسیو با وقفه توزیعی (ARDL) از مدل فیلتر کالمن که اثر ناپایداری پارامترهای متغیرهای مستقل بر تولید انرژی برق آبی را می سنجد نیز استفاده کرد.

با توجه به آنچه در فصل چهارم هم ذکر شد روش کالمن فیلتر، که از انواع روش های فضا-حالت می باشد دارای دو معادله مشاهده و معادله انتقال یا گذراست. در معادلات فضا-حالت امکان در نظر گرفتن متغیر مجازی (DUM) وجود ندارد چرا که رویکرد معادلات فضا-حالت به منظور در نظر گرفتن شوک های وارد بر سیستم طراحی شده اند (سانگ، ویت، جنسن^{۳۱}، ۲۰۰۳). هم چنین در مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن نیاز نیست که داده ها قبل از برآورد ایستا باشند و محقق لازم نیست که از آزمون های ریشه واحد استفاده کند (سانگ و ویت، ۲۰۰۰). در نتیجه در ادامه کار که تخمین متغیرهای تأثیر گذار بر تولید انرژی برق آبی با استفاده از مدل فیلتر کالمن است، متغیر دامی (DUM) که سال های ۱۳۵۹ تا ۱۳۶۷ که دوران جنگ بوده است را که به عنوان سال های بحرانی محاسبه کرده و منجر به در نظر گرفتن داده مجازی می شود را باید حذف کرد. البته در کل وجود و حذف متغیر دامی (DUM) در نتایج مدل ARDL فرقی ایجاد نمی کند. چون پراب نشان از بی معنا بودن این متغیر (DUM) در مدل دارد.

حال اگر متغیر دامی را که سال های جنگ را به عنوان سال های بحرانی در نظر گرفته است و سبب تغییر متغیرها و بی ثباتی متغیرها در طی زمان می شود را از مدل خود طبق گفته ی قبلی حذف شود، چون بر اساس گفته سانگ و ویت (۲۰۰۰) مدل فیلتر کالمن خود این تغییرات و بی ثباتی متغیرها را لحاظ می کند و نیازی به متغیرهای دامی و مجازی نمی باشد؛ فقط متغیرهای سرمایه گذاری مستقیم خارجی FDI و خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی M1 که در مدل ARDL نشان داده شد و به ترتیب اثر مثبت (۰/۰۰۰۰۰۰۶) منفی (۰/۰۰۴۲۰۰-) معنادار بسیار ناچیزی بر تولید انرژی برق آبی دارد را ثابت در

³¹ -Song, Witt & Jensen

نظر گرفته می‌شود و به ترتیب با نماد $C1 (FDI)$ و $C2 (M1)$ در مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن نمایش داده می‌شود. متغیرهای رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی ($GAGRI$)، شاخص ($SPEI1$)، واردات کالاهای سرمایه‌ای (IMP) که به ترتیب با $SV1$ و $SV2$ و $SV3$ نشان داده می‌شوند. نتایج حاصل از مدل فیلتر کالمن که متغیر دامی در نظر گرفته نشده است بدین صورت است: رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی ($GAGRI$) بر تولید انرژی برق‌آبی اثر مثبت و معنادار به اندازه $۱۵۶/۳۹۲۵$ واحد دارد و شاخص خشکسالی ($SPEI1$) که میزان تفاوت بین بارندگی و تبخیر را نشان می‌دهد که دارای تغییر روند نزولی بوده است (یعنی میزان تبخیر از بارندگی بیشتر بوده است و با خشکسالی مواجه بودیم) بر تولید انرژی برق‌آبی $۶۲/۵۲۱۱۹$ - واحد اثر منفی و معنادار دارد، واردات کالاهای سرمایه‌ای (IMP) اثر مثبت و معناداری به اندازه $۰/۸۷۱۵۲۰$ واحد بر تولید انرژی برق‌آبی دارد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و خالص دارایی‌های خارجی سیستم بانکی ($M1$) که بعنوان متغیرهای ثابت در مدل فیلتر کالمن در نظر گرفته شده‌اند به ترتیب اثر مثبت ($۰/۰۰۰۰۰۹۵۴$) و منفی ($-۰/۰۰۲۲۰۷$) بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.

جدول (۱۰) - مقایسه نتایج روش $ARDL$ با فیلتر کالمن

متغیرهای تأثیر گذار بر HYD	ضرایب بلند مدت $ARDL$	ضرایب فیلتر کالمن
رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی ($GAGRI$)	$۱۵۰/۰۰۴۸۴۳$	به نام $SV1$ $۱۵۶/۳۹۲۵$
شاخص خشکسالی ($SPEI1$)	$۳۶۶۹/۲۳۳۳۹۶$	به نام $SV2$ $-۶۲/۵۲۱۱۹$
واردات کالاهای سرمایه‌ای (IMP)	$-۳/۰۴۸۶۰۰$	به نام $SV3$ $/۸۷۱۵۲۰$
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	$۰/۰۰۰۰۰۰۶$	به نام $C1$ $۰/۰۰۰۰۰۰۹۵۴$
ورود خالص دارایی‌های خارجی سیستم بانکی ($M1$)	$-۰/۰۰۴۲۰۰$	به نام $C2$ $-۰/۰۰۲۲۰۷$

منبع: یافته‌های پژوهش

رد یا قبول فرضیه‌های تحقیق

- افزایش ارزش افزوده بخش کشاورزی تأثیرات منفی و معناداری بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.
- افزایش خشکسالی تأثیر منفی و معناداری بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.
- واردات کالاهای سرمایه‌ای اثر مثبت و معناداری بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.
- افزایش FDI اثر مثبت و معناداری بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.
- ورود خالص دارایی خارجی سیستم بانکی اثر مثبت و معناداری بر تولید انرژی برق‌آبی دارد.

جدول (۱۱) - قبول یا رد فرضیه ها

متغیرهای تاثیرگذار بر HYD	ضرایب فیلتر کالمن	رد یا قبول فرضیه
رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی (GAGRI)	۱۵۶/۳۹۲۵	رد
شاخص خشکسالی (تفاوت بارندگی با تبخیر) (SPEI1)	-۶۲/۵۲۱۱۹	قبول
واردات کالاهای سرمایه‌ای (IMP)	۰/۸۷۱۵۲۰	قبول
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI)	۰/۰۰۰۰۰۰۹۵۴	قبول
ورود خالص دارایی‌های خارجی سیستم بانکی (M1)	-۰/۰۰۲۲۰۷	رد

با توجه به افزایش آلودگی های ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و کاهش انواع منابع انرژی های تجدید ناپذیر، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان جایگزین سوخت های فسیلی می تواند تغییرات اقلیمی ناشی از گازهای گلخانه ای را کاهش دهد و کشور را به سوی اقتصاد سبز و توسعه ی پایدار نزدیک تر کند. در نتیجه با توجه به انرژی های تجدید پذیر می توان امروزه به سیاست گذاران و بودجه گذاران حوزه ی صنعت برق و انرژی کمک کند تا کشور در مسیر صحیحی گام بردارد و با مشکلات عدیده ای از جمله آلودگی بیش از حد کلان شهرها مواجه نشود. از آن جایی که کشور ایران جایگاه قابل توجهی در امر سد سازی دارد و اکثر این سدها کاربردهای چند منظوره دارند؛ باید افراد تصمیم گیرنده در حوزه ساخت و سازهای سازه های عمرانی را ترغیب و تشویق کرد تا اهمیت بیشتری به کارایی و افزایش بهره وری سد ها بدهند تا از آن ها در حوزه ی کشاورزی و تفریح استفاده شود و هم از نیروی آب پشت سدها برای تولید برق به روش پاک و صحیح بهره مند شویم. همچنین تا جایی که امکان دارد با واردات کالاهای سرمایه ای و واسطه ای (تکنولوژی های پیشرفته) به کشور و هم چنین صرف کردن بخشی از ورود سرمایه های مالی خارجی در صنعت نیروگاه برق آبی کشور سعی شود تا بهره وری تولید انرژی برق آبی بیشتر شود تا حتی با آب کمتر ناشی از خشکسالی در طی سال های اخیر، نگذاریم تولید انرژی برق آبی کشورمان با کاهش چشمگیر مواجه شود.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و جدول فوق می توان متوجه شد که نتایج حاصل از آزمون اتورگرسیو با وقفه توزیعی (ARDL) با فیلتر کالمن کاملاً متفاوت می باشد. در مدل فیلتر کالمن نتایج اثر شاخص خشکسالی (SPEI1) بر تولید انرژی برق آبی معنی دار و منفی می باشد در صورتی که همین متغیر در مدل اتورگرسیو با وقفه توزیعی اثر مثبت و معنا دار زیادی دارد. هم چنین اثر واردات کالاهای سرمایه ای (IMP) بر تولید انرژی برق آبی در مدل فیلتر کالمن مثبت و معنادار می باشد که با مبانی نظری همخوانی دارد در صورتی که در مدل اتورگرسیو با وقفه توزیعی، متغیر واردات کالاهای سرمایه ای اثر منفی دارد که منطقی نمی باشد. ولی میزان اثرگذاری سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) و ورود خالص دارایی های خارجی سیستم بانکی (M1) به ترتیب اثر مثبت و منفی ناچیزی بر تولید انرژی برق آبی در تخمین هر دو مدل اقتصاد سنجی دارند. پس می توان نتیجه گرفت که واقعا نتایج حاصل از خود رگرسیون با وقفه توزیعی (ARDL) قابل اتکا و واقعی نمی باشند. که این عدم اطمینان را با توجه به نتیجه عدم ثبات پارامترها در طول زمان که از آزمون های بی ثباتی پارامترها در طول زمان گرفته شد مشخص شد. هم چنین حذف متغیر مجازی دامی (DUM) هم در این مورد قطعاً تأثیر گذار می باشد. چون متغیر دامی متغیری کاذب بود که در مدل ARDL در نظر گرفته شد ولی با حذف این متغیر در مدل فیلتر کالمن نتایج واقعی تر می باشند. چون با توجه به مبانی نظری با افزایش خشکسالی باید تولید انرژی برق آبی کاهش یابد که این اتفاق با ضریب منفی

متغیر SPEI1 به اندازه ۶۲/۵۲۱۱۹- در مدل فیلتر کالمن اتفاق افتاده است؛ در صورتی که در نتیجه مدل ARDL همین متغیر اثر مثبت و معنادار قابل توجهی به اندازه (۳۶۶۹/۲۳۳۳۹۶) بر تولید انرژی برق آبی می گذارد که منطقی نبود. و اثر منفی شاخص خشکسالی بر تولید برق آبی به این علت است که طبق نمودار (۴-۱) خشکسالی طی سال های اخیر به شدت زیاد بوده است؛ هم چنین از طریق نتایج روش فیلتر کالمن، فرضیه اصلی تحقیق در مورد اینکه افزایش خشکسالی بر تولید انرژی برق آبی اثر منفی دارد تایید و قبول می شود. اما فرضیه افزایش رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی بر تولید انرژی برق آبی اثر منفی دارد رد می گردد و این بدین دلیل است که در هنگام کشاورزی، برای آبیاری مزارعی که نزدیک سدها قرار دارند باید آب مورد نیاز مراتع، توسط سدها آزاد شوند. با آزاد سازی آب پشت سدها، سبب می شود که جریان آب افزایش یابد و توربین ها به گردش در آمده و برق بیشتری تولید می شود؛ از آن جایی که کشاورزی در فصل بهار که میزان بارندگی و سیل زیاد می باشد اتفاق می افتد، آب بیشتری در پشت سدها ذخیره شده بعد ها سبب می شود در هنگام آزاد سازی برق بیشتری تولید شود.

پیشنهادهای مطالعاتی

تمامی پیشنهادات بر اساس نتایج حاصل از مدل اقتصاد سنجی فیلتر کالمن می باشد که قابل اتکا ترند. افزایش روزافزون استفاده از سوخت های فسیلی جهت تأمین انرژی در کشورهای جهان که منجر به ورود گازهای گلخانه ای خطرناک در جو کره ی زمین می شوند، باعث ایجاد تغییرات اقلیمی می شوند. این تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش بارندگی که در نهایت منجر به خشکسالی می شود خود را نشان می دهند که می تواند بر میزان حجم آب پشت سدها تأثیر چشم گیری داشته باشد. هم چنین اهمیت آب پشت سدها که منجر به تولید انرژی برق آبی می شود اهمیت دیگرش از جهت تولید انرژی پاک می باشد که می تواند برای کشور موثر باشد و آن را به سمت توسعه پایدار برسد. حال اگر پیشنهاد ها بر اساس نتایج حاصل از تحقیق باشد، می توان گفت از آن جایی که با توجه به نتایج حاصل از دو مدل اقتصاد سنجی ARDL و فیلتر کالمن، رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی بر تولید انرژی برق آبی اثر مثبت و معناداری دارد و می توان نتیجه گرفت که افزایش فعالیت های کشاورزی منجر به کاهش آب پشت سد ها نمی شود و باید دقت شود که تنها در ۱۲٪ از سرزمین ایران کشاورزی انجام می شود (شامل باغ ها، تاکستان ها و زمین های کشاورزی)؛ اما کمتر از یک سوم از زمین های کشاورزی آبیاری می شود و در دیگر موارد، دیم کاری می شود. یعنی فقط ۴ درصد از کل زمین های کشاورزی ایران آبیاری می شوند. پس می توان نتیجه گرفت که رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی که مربوط به کل کشور می باشد فقط در مناطق دارای سد نمی باشد که بخواهند از آب پشت سدها جهت تأمین آبیاری استفاده کنند. از طرف دیگر در هنگام کشاورزی، برای آبیاری مزارعی که نزدیک سدها قرار دارند باید آب مورد نیاز مراتع، توسط سدها آزاد شوند. با آزاد سازی آب پشت سدها، سبب می شود که جریان آب افزایش یابد و توربین ها به گردش در آمده و برق بیشتری تولید می شود؛ همچنین از آن جایی که کشاورزی در فصل بهار که میزان بارندگی و سیل زیاد می باشد اتفاق می افتد، آب بیشتری در پشت سدها ذخیره شده که بعد ها سبب می شود در هنگام آزاد سازی برق بیشتری تولید شود. پس می توان نتایج حاصل از آزمون های ARDL و فیلتر کالمن که اثر مثبت و معنادار رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی بر تولید انرژی برق آبی را نشان می دهد، اعتماد کرد.

بهتر است محقق دیگری که می خواد در حوزه انرژی برق آبی کار کند از میانگین دما و بارش سالانه ی کل ایستگاه های هواشناسی ایران استفاده نکند و فقط دما و بارش و ارزش افزوده کشاورزی مختص به یک منطقه خاص در نظر گرفته شود.

چون اقلیم هر منطقه از ایران با هم فرق می کند و تولید انرژی برق آبی در ایران در همه مناطق صورت نمی پذیرد. اما لازم به ذکر است متغیرهای اقتصادی در نظر گرفته شده ای مثل واردات کالاهای سرمایه ای (IMP) و سرمایه گذاری مستقیم خارجی (FDI) که به صورت عمومی برای کل کشور ایران رخ می دهد و می تواند بر تولید انرژی برق آبی تأثیر گذار و در جهت مثبت عمل کند. زیرا با افزایش واردات کالاهای سرمایه ای و واسطه ای و ورود سرمایه های خارجی و به دنبال آن ورود تجهیزات و تکنولوژی های پیشرفته به کشور بهره وری و کارایی در بخش تولید در قسمت های مختلف و حتی ساخت و ساز نیروگاه ها افزایش پیدا می کند و تولید انرژی برق آبی زیاد می شود. پس توجه دولتمردان به تخصیص بخشی از واردات کالاهای سرمایه ای و واسطه ای و سرمایه گذاری های خارجی و ورود ارزهای خارجی به کشور جهت تأمین تکنولوژی های پیشرفته حوزه ی نیروگاه های برق آبی باشد می تواند بر تولید انرژی های تجدیدپذیر از این طریق کمک به سزایی کند. چون به هر حال کشور ایران در این حوزه مزیت نسبی دارد و قدمت دیرینه اش در زمینه سد سازی می تواند به این امر کمک کند. در ضمن اگر در هنگام بررسی تولیدات انرژی های تجدیدپذیر که همگی از منابع طبیعی مثل بارندگی، نور خورشید، موج و گرمایش زمین تأمین می شود به منطقه ای خاص توجه شود می توان نتایج بهتر و مفیدتری گرفت زیرا بارندگی که برای تأمین تولید انرژی برق آبی رخ می دهد در مناطق خاصی می باشد یا مثلاً نور خورشید تأمین کننده برق ناشی از سلول های خورشیدی می باشد از مناطق خشک و گرمسیری می باشد و یا تولید برق ناشی از موج در مناطق شمالی و جنوبی ایران که سواحل زیادی دارند صورت می گیرد. هم چنین بهتر است تحقیق هایی که در مورد اثر متغیرهای اقلیمی بر تولید انرژی های تجدیدپذیر می باشد منطقه ای صورت می گیرند. چون متغیرهای اقلیمی خاص یک منطقه اند و قابل انتقال به دیگر مناطق نیستند. اما بررسی اثر متغیرهای اقتصادی بر تولید انرژی های تجدیدپذیر می تواند به صورت کلی برای سرتاسر ایران انجام گیرند چون مواردی مثل واردات کالاهای سرمایه ای و واسطه ای جابه جایی ارز، سرمایه، نقدینگی و تکنولوژی های پیشرفته می توانند به راحتی به مناطق مختلف بروند. در ضمن تصمیم گیری در مورد اقتصاد یک کشور منطقه ای نمی باشد و اینکه اطلاعات اقتصادی برای یک منطقه خاص جغرافیایی در ایران به صورت شفاف و کامل برای یک دوره ی زمانی قابل دسترس نیست و یا موجود نمی باشد.

پیشنهادهای سیاستی

انرژی از مهم ترین کالاهایی است که نقش اصلی را در هر کشور دارا می باشد. پس توجه به امنیت انرژی و حفظ آن بسیار قابل توجه می باشد. از آن جایی که کشور ایران یکی از تولید کنندگان مهم نفت و گاز می باشد و جایگاه ویژه ای در تولید انرژی از طریق سوخت های فسیلی دارد، سبب شده است که گازهای گلخانه ای زیادی را هوای کشور سازد و تغییرات اقلیمی شدیدی را در کشور ایجاد می کند که باعث افزایش دما، کاهش بارندگی و تبخیر بیش از حد آب های جاری و ذخیره ای شده است. در نتیجه از آن جایی که کشور ایران کشوری است که میزان گازهای گلخانه ای در آن زیاد است و هوای اغلب کشورهای صنعتی آلوده است باید سعی شود تا تولید انرژی های تجدیدپذیر جایگزین انرژی حاصل از سوخت های فسیلی شود و توجه بیش تری بر تولید انرژی های تجدیدپذیر شود تا در فصل های سرد و گرم سال با مشکل تولید برق مشاهده نشود. ضمناً در فصل های سرد سال از انرژی برق آبی که میزان بارندگی زیاد و تبخیر کم هست مورد استفاده قرار بگیرد. در فصل های گرم سال از انرژی خورشیدی بهره مند شده و بخشی از واردات تکنولوژی های پیشرفته به تاسیسات نیروگاه های خورشیدی و بادی هم اختصاص یابد. علاوه بر این سیاست گذاران حوزه انرژی تلاش کنند که هم اکنون با توجه به اهمیت توسعه پایدار، بیشتر از

گذشته از نیرو برق تولیدی از نیروگاه‌های انرژی تجدیدپذیر را وارد چرخه تولید برق کنند و باید سعی شود حتی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر فقط برای تولید برق در نظر گرفته نشود و حوزه حمل و نقل هم مورد توجه قرار بگیرد تا آلودگی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی را در حمل و نقل شهری نیز کاهش یابد.

منابع و مآخذ

الف- منابع داخلی:

- ۱- آر. تورنر، دی. پیرس، آی باتمن؛ ترجمه سیاوش دهقانیان، علیرضا کوچکی، علی کلاهی اهری؛ انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۴، صفحات ۱-۱۰
- ۲- آستریو، دیمیتریوس؛ جی هال، استفان. (۱۳۹۲). اقتصاد سنجی کاربردی رهیافتی مدرن با استفاده از Eviews و Microsoft. (ترجمه ج. محمدی، ع. کرباسی، آ. تعالی مقدم). مشهد: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- اسماعیل نیا، علی اصغر؛ محمدی، تیمور؛ زمانی، ابوطالب. (۱۳۹۲). بررسی تغییرات قیمتی تقاضای برق خانگی در ایران با کاربرد روش فیلتر کالمن. فصلنامه علوم اقتصادی. ۲۵، ۱۴۷-۱۷۵
- ۴- آل عمران، رویا؛ پایتختی اسکویی، سید علی، طبقچی اکبری، لاله. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر تجارت بر مصرف انرژی در منتخبی از کشورهای عضو سازمان اکو. مجله مطالعات اقتصادی. ۱-۲۵
- ۵- امامی مبینی، علی؛ خضری، محسن؛ اعظمی، آر. (۱۳۸۸). شبیه سازی تابع تقاضای انرژی در ایران با استفاده از الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات (PSO). فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۲۰، ۱۴۱-۱۵۹
- ۶- بابائیان، ایمان؛ نجفی نیک، زهرا؛ زابل عباسی، فاطمه؛ حبیبی نوخندان، مجید؛ ادب، حامد و شراره ملبوسی (۱۳۸۸)، (ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ی ۲۰۱۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G) جغرافیا و توسعه، شماره ی ۱۶، صص ۱۵۲-۱۳۵
- ۷- عبداللهی، محمدرضا؛ روحانی، سیدعلی؛ شهبازی غیائی، موسی؛ خسروی، میثم؛ والی زاده، ابوالحسن. (۱۳۹۹). تحلیل بخش حقیقی اقتصاد ایران. عملکرد ۶ ماهه اول و برآورد رشد اقتصادی سال ۱۳۹۹. معاونت پژوهشهای اقتصادی دفتر: مطالعات اقتصادی
- ۸- تشکینی، احمد. (۱۳۸۴). اقتصاد سنجی کاربردی به کمک Microfit. (چاپ اول). تهران: موسسه فرهنگی دیبا گران تهران.
- ۹- تقوی، مهدی؛ خلیلی عراقی، مریم؛ مهربان فر، زهرا. (۱۳۹۲). تأثیرات واردات کالاهای سرمایه‌ای، واسطه ای و مصرفی بر رشد اقتصادی منطقه منا
- ۱۰- تکلیف، عاطفه، محمدی، تیمور، بختیار، محسن (۱۳۹۵). گسترش انرژی های تجدیدپذیر و نقش آن در توسعه آینده صنعت نیروگاهی ایران. فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی. سال هفتم، شماره بیست و پنجم. زمستان ۱۳۹۵ (۱۴۷-۱۵۹)
- ۱۱- جهانبخش اصل، سعید (۱۳۹۵)، (تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل ها و سناریوهای اقلیمی (مطالعه موردی: حوضه ی شهرهای ارومیه)، هیدروئومورفولوژی، شماره ی ۷، صص ۱۰۷-۱۲۲

- ۱۲- درخشان، مسعود. (۱۳۹۰). اقتصاد سنجی تک معادلات با فروض کلاسیک مجلد اول. (چاپ هفتم). تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت).
- ۱۳- زمانیان، غلام رضا، آذربایجانی (۱۳۹۰) " سرریز تکنولوژی از طریق تجارت و سرمایه گذاری مستقیم خارجی بر بهره وری: مورد کشورهای OECD و OECD-Non ". رساله دکتری، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان
- ۱۴- سوری، علی. (۱۳۹۲). اقتصاد سنجی. جلد یک. (چاپ اول) تهران: فرهنگشناسی.
- ۱۵- سوری، علی. (۱۳۹۴). اقتصاد سنجی. جلد دو. (چاپ چهارم). تهران: فرهنگشناسی.
- ۱۶- سوری نژاد، علی. (۱۳۹۰). آشکارسازی اثرات دوره های ترسالی و خشکسالی اقلیمی و هیدرولوژیکی در حوضه آبریز منابع آب سدهای ایران، اولین کنفرانس بین المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاههای برق آبی، تهران
- ۱۷- شاهی ترازکی، طاهره (۱۳۹۷). تغییر اقلیم و مدیریت تطبیقی سد دز، تولید انرژی برق آبیو تأمین مصارف پایاب با بهره گیری از پویایی سیستم
- ۱۸- شاهی نژاد، بابک؛ کاکاوند، علی؛ (۱۳۹۷). رویکرد نیروگاههای برق آبی در تولید انرژی و استفاده ترکیبی از آن ها با دیگر سیستم های تولید انرژی
- ۱۹- شفیعیان، سارا؛ بهنام، مهدی؛ ابراهیمی سالاری، تقی (۱۳۹۵). بررسی عوامل موثر بر مصرف انرژی و پیش بینی آن با استفاده از روش فیلتر کالمن در اقتصاد ایران
- ۲۰- صادقی، ندا (۱۳۹۷). بررسی رابطه علیت بین مصرف سرانه برق آبی و تولید ناخالص داخلی سرانه در کشورهای منتخب از شرق و جنوب آسیا. پایان نامه. دانشگاه تبریز
- ۲۱- طورانی، محسن. (۱۳۹۰). آمار و احتمال. (چاپ چهارم). تهران: ناشر حرکت نو
- ۲۲- عباسی نژاد، حسین؛ کاوند، حسین. (۱۳۸۶). محاسبه معیاری برای بهره وری در ایران با استفاده از رهیافت کالمن فیلتر. فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، ۳۱، ۵۵-۷۵
- ۲۳- فلاح مهد پور، ا.، بزرگ حداد، ا.، بهینه سازی بهره برداری از مخازن سدهای چند منظوره با کاربرد روش بهینه سازی مجموع ذرات"، مجله آب و فاضلاب، ۱۳۹۱، ۴، ۹۷-۱۰۵
- ۲۴- قائمی اصل، مهدی؛ سلیمی فر، مصطفی؛ مهدوی عادل، محمد حسین؛ رجبی مشهدی، مصطفی (۱۳۹۴). قیمت گذاری لحظه ای-ساعتی تولید هیبرید برق با ورود حداکثر پتانسیل برق تجدیدپذیر به سیستم تولید با استفاده از رهیافت برنامه ریزی آنالیزی (مطالعه موردی: شرکت برق منطقه ای خراسان)
- ۲۵- قبادی، محمد حسین (۱۳۹۴). زمین شناسی مهندسی. اهواز: دانشگاه شهید چمران
- ۲۶- کاکاوند، علی؛ شاهی نژاد، بابک؛ ترابی پوده، حسن؛ (۱۳۹۷) بررسی عملکرد مدل ویپ در تحلیل انرژی برق آبی (مطالعه موردی: سد مخزنی سراب تلخ- لرستان)
- ۲۷- کرایر، جانانان. (۱۳۷۱). تجزیه و تحلیل سری زمانی (ترجمه ح. نیرومند). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲۸- گودرزی، محمد رضا؛ واقعی، حامد (۱۳۹۴) فناوری های نوین و نوآوری در صنعت برق آبی، کنفرانس مهندسی و تکنولوژی

۲۰۱۵

- ۲۹- مادالا؛ کیم، این. (۱۳۸۹). رشه های واحد، همجمعی و تغییرات ساختاری (ترجمه م. قربانی؛ ف. حیات عیسی بلداجی؛ س. شاه حسین دستجردی). دانشگاه فردوسی مشهد.

- ۳۰-مدنی، کاوه (۱۳۹۶). خشکسالی اقتصادی - اجتماعی ایران: چالش های یک ملت ورشکسته آبی (ورشکستگی اقتصادی، اجتماعی آب ایران)
- ۳۱-معینی، شهرام؛ شریفی، علیمراد؛ خوش اخلاق، رحمان؛ آذربایجانی، کریم (۱۳۹۲) تحلیل بازار انرژی برق در چارچوب رویکرد تعادل انگاشت عرضه (SFE): مطالعه موردی منطقه اصفهان
- ۳۲-موسوی، میرحسین؛ شاه آبادی، ابوالفضل؛ شایگان مهر، سیما. (۱۳۹۶) تأثیر فناوری از کانال سرمایه گذاری مستقیم خارجی و واردات کالا بر سهم تولید انرژی های تجدید پذیر از کل انرژی. فصلنامه مدیریت توسعه فناوری/دوره پنجم/ شماره ۱/ تابستان ۱۳۹۶ (۹۹-۱۲۲)
- ۳۳-نصرتی، کاظم (۱۳۹۳). ارزیابی شاخص بارش-تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) جهت شناسایی خشکسالی در اقلیم های مختلف ایران. فصلنامه علوم محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳ (۶۳-۷۴)
- ۳۴-نوفروستی، محمد. (۱۳۷۸). ریشه واحد و همجمعی در اقتصاد سنجی. (چاپ اول). تهران: چاپ غزال.
- ۳۵-واقعی، حامد (۱۳۹۵). اثرات تغییر اقلیم بر نیروگاه های برق آبی (مطالعه موردی: طرح سد و نیروگاه سمیره) پایان نامه. دانشگاه آیت...العظمی بروجردی (ره)
- ۳۶-یزدانی، مهدی؛ توکلی، حسین. (۱۳۹۹). به بررسی تحلیل اثر سرمایه گذاری مستقیم خارجی و واردات کالاهای سرمایه ای بر شدت انرژی در بخش های اقتصاد ایران. فصلنامه علمی-پژوهشی اقتصاد و الگوسازی، ۷۵-۵۱
- ب) منابع خارجی:**

- 37-Anuta, O. H., Taylor, P., Jones, D., McEntee, T., & Wade, N. (2014). An international review of the implications of regulatory and electricity market structures on the emergence of grid scale electricity storage. *Renewable and sustainable energy reviews*, 38, 489-508.
- 38-Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69 (11), 2255-2260.
- 39-Alper, A., & Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- 40-Aïssa, M. S. B., Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2014). Output, renewable energy consumption and trade in Africa. *Energy Policy*, 66, 11-18.
- 41-Aitken, B.J. and Harrison, A. E. (1999), "Do domestic firms benefit from direct foreign investment? Evidence from Venezuela", *American Economic Review*, 89 (3):605-618
- 42-Baird, S. (2006). The future of electricity. *Electri. Today*, 18 (5), pp. 9-11
- Berndt, E. (1978) The Demand for Electricity: Comment and Further Results. MIT Energy. Laboratory 1978: WP. No. MIT-EL78-021WP.
- 43-Baker, D. K. and Sleuwaegen, L. (2003), "Does foreign direct investment crowd out domestic entrepreneurship?" *Review of Industrial Organization*, 22 (1):67-84.
- 44-Bamati, N., & Raoofi³², A. (2020). Development level and the impact of technological factor on renewable energy production. *Renewable Energy*, 151, 946-955.

³² - Bamati & Raoofi

- 45-Bank for International Settlements. Market liquidity: Research findings and selected policy implications. Basle; 1999.
- 46-Bayoumi, T., Coe, D.T & Helpman, E. (1999). "R & D Spillovers and Global Growth," *Journal of International Economics*, 47 (2); 399-428.
- 47-Beheshti, M., Heidari, A., & Saghafian, B. (2019). Susceptibility of Hydropower Generation to Climate Change: Karun III Dam Case Study. *Water*, 11 (5), 1025.
- 48-Berga, L. (2008). Solving dam engineering challenges. *Hydro Review*, 16 (1), pp.14-15.
- 49-Bildirici, M. E. (2014). Hydropower energy consumption, environmental pollution, and economic growth. *The Journal of Energy and Development*, 40 (1/2), 189-208.
- 50-Bildirici, M. (2016). The relationship between hydropower energy consumption and economic growth. *Procedia economics and finance*, 38, 264-270.
- 51-Bloom, N., Draca, M. and Van Reenen, J. (2008), "Trade include technical change? The impact of Chinese imports on IT and innovation", <https://pdfs.semanticscholar.org/cdf0/095d749cafdbcb36bc0d177bf940261ea9d0.pdf>
- 52-Change, I. C. (2007). The physical science basis: summary for policymakers. *Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change secretariat*.
- 53-Cheng, Y.L, Wee, H.M, Chen, P.S, Kuo, Y.Y, Chen, G.J. (2014), Innovative reservoir sediments reuse and design for sustainability of the hydroelectric power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 36 ,pp 212–219.
- 54-Chien, T., & Hu, J. L. (2008). Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP. *Energy policy*, 36 (8), 3045-3052.
- 55-Cobb, C. W.; Douglas, P. H. (1928). "A Theory of Production" (PDF). *American Economic Review*. 18 (Supplement): 139–165. JSTOR 1811556. Retrieved 26 September 2016
- 56-Consoli, S., Matarazzo, B., & Pappalardo, N. (2008). Operating rules of an irrigation purposes reservoir using multi-objective optimization. *Water resources management*, 22 (5), 551-564.
- 57-Cheung, K.Y. and Lin, P. (2004), "Spillover effects of FDI on innovation in China : Evidence from the peovicial data", *China Economic Review*, 15 (4); 25-44.
- 58-Christensen, N. S., Wood, A. W., Voisin, N., Lettenmaier, D. P., & Palmer, R. N. (2004). The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River basin. *Climatic change*, 62 (1-3), 337-363.
- 59-Christidis, N., Jones, G. S., & Stott, P. A. (2015). Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave. *Nature Climate Change*, 5 (1), 46-50.
- 60-Crespo, N. and Fontoura, M.P. (2006), "Determinate factors of FDI spillovers-what do we really know?" *World Development*. 35 (3); 410-425.
- 61-Demijan, J.P., Mark Knell, B.M. and Matija, R. (2003), "The role of FDI, R&D accumulation and trade in transferring technology to transition countries: Evidence from firm panel data for eight transition countries", *Economic Systems*, 27 (2); 189-204.
- 62-Ehrlich, P. R., Ehrlich, P. R., & Ehrlich, A. H. (2004). *One with Nineveh: politics, consumption, and the human future*. Island Press.

- 63-EPRI (2007). Assessment of Waterpower Potential and Development Needs. Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA, USA, 110 pp.
- 64-FERC (2007). Assessment of Demand Response and Advanced Metering. Federal Energy Regulatory Commission, Washington, DC, USA, 92 pp.
- 65-Faber, B. A., & Stedinger, J. R. (2001). Reservoir optimization using sampling SDP with ensemble streamflow prediction (ESP) forecasts. *Journal of Hydrology*, 249 (1-4), 113-133.
- 66-Fleming MJ. Measuring treasury market liquidity; 2001.
- 67-Fontoura. P. M and Crespo. N . 2 Meyer. K . 3 Harrison. E. A & Aitken. J. B . 4 out-Crowding . 5 al et Damijan. P. J . 6 Sleuwaegen. L and Backer De. K . 7
- 68-Fraile, A.J., Moreno, I.S., Diaz, J.I.P., Ayza, J.R.W. and Fraile-Mora, J. (2006). Speed Optimization Module of a Hydraulic Francis turbine based on Artificial Neural Networks. Application to the dynamic analysis and control of an adjustable speed hydro plant. *IJCNN*, Vancouver, Canada, 16-21 July 2006, pp. 4104-4110.
- 69-Frei, F., Loder, A., & Bening, C. R. (2018). Liquidity in green power markets—An international review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 674-690.
- 70-Griliches, Zvi. (1998), "Introduction to "R&D and productivity: The econometrics evidence", *The Econometrics Evidence*, <http://www.nber.org/chapters/c8339>.
- 71-Jothiprakash, V., & Shanthi, G. (2006). Single reservoir operating policies using genetic algorithm. *Water Resources Management*, 20 (6), 917-929.
- 72-Kalman, R.E., 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems.
- 73-Keho, Y. (2016). What drives energy consumption in developing countries? The experience of selected African countries. *Energy Policy*, 91, 233-246.
- 80-Keller , W. (2004), "International technology diffusion:", *Economic Literature*, 42 (3); 752-782.
- 74-Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 401-403.
- 75-Kumar, A., T. Schei, A. Ahenkorah, R. Caceres Rodriguez, J.-M. Devernay, M. Freitas, D. Hall, Å. Killingtveit, Z. Liu, (2011) Hydropower. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (eds) O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow, Cambridge University Press, Cambridge.
- 76-Kumar, A., Schei, T. (2012). Renewable energy sources and climate change mitigation, Chapter 5: Hydropower, published for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- 77-Lemming, J. (2003). Financial risks for green electricity investors and producers in a tradable green certificate market. *Energy Policy*, 31 (1), 21-32.
- 78-Lettenmaier, D. P., & Wood, E. F. (1993). *Handbook of hydrology*. Hydrologic Forecasting.
- 79-Le Ngo, L., Madsen, H., & Rosbjerg, D. (2007). Simulation and optimisation modelling approach for operation of the Hoa Binh reservoir, Vietnam. *Journal of Hydrology*, 336 (3-4), 269-281.

- 80- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111-117.
- 81-Meyer, K. (2003), “FDI spillovers in emerging markets: A literature review and new perspective”, Copenhagen Business School, http://www.klausmeyer.co.uk/publications/2003/2003_meyer_CNEM-DP_FDI-spillovers.pdf.
- 82-Mankiv NG, Taylor MP. Economics. London: Thomson Learning Services; 2006.
- 83-Nandalal, K. D. W., & Sakthivadivel, R. (2002). Planning and management of a complex water resource system: case of Samanalawewa and Udawalawe reservoirs in the Walawe river, Sri Lanka. *Agricultural water management*, 57 (3), 207-221.
- 84-Northwest Hydroelectric Association. Revenue from RECs: Step-by-step process for registering and selling your unbundled RECs; 2010.
- 85- Ocal, O.& Aslan, A, (2013 (. Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28, 494-499
- 86-Ohler, A., & Feters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy economics*, 43, 125-139.
- 87-Omri, A., & Kahouli, B. (2014). Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Energy Policy*, 67, 913-922.
- 88-Paramati, S. R., Ummalla, M., & Apergis, N. (2016). The effect of foreign direct investment and stock market growth on clean energy use across a panel of emerging market economies. *Energy Economics*, 56, 29-41.
- 89-Ping, L. and Qingchang, Z.H. (2008),”The Effect of technological spillover through FDI and import trade on China’s innovation, school of economy of Shandong university of technology”,www.seiofbluemountain.com/search/detail.php?id=3948.
- 90-Raju, K. S., & Kumar, D. N. (1999). Multicriterion decision making in irrigation planning. *Agricultural Systems*, 62 (2), 117-129.
- 91-REN21. Renewables 2014—Global status report; 2014.
- 92-Roca, J. Padilla, E. Farre, M. And Galletto, V. (2001); *Economic Growth And Atmospheric Pollution in Spain: Discussing The Environmental Kuznets Curve Hypothesis*, *Ecological Economics*, Vol. 39, PP, 85-99
- 93-Sarr A, Lybek T. Measuring liquidity in financial markets; 2002.
- 94-Sattari, M. T., Apaydin, H., & Ozturk, F. (2009). Operation analysis of Eleviyan irrigation reservoir dam by optimization and stochastic simulation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23 (8), 1187.
- 95-Shrestha, B. P., Duckstein, L., & Stakhiv, E. Z. (1996). Fuzzy rule-based modeling of reservoir operation. *Journal of water resources planning and management*, 122 (4), 262-269.
- 96-Solarin, S. A., & Ozturk, I. (2015). On the causal dynamics between hydroelectricity consumption and economic growth in Latin America countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1857-1868.

- 97-Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., & Qin, D. (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC* (Vol. 4). Cambridge university press.
- 98-Song, H., Witt, S. F., & Jensen, T. C. (2003). Tourism forecasting: accuracy of alternative econometric models. *International Journal of Forecasting*, 19 (1), 123-141.
- 99-Suiadee, W., & Tingsanchali, T. (2007). A combined simulation–genetic algorithm optimization model for optimal rule curves of a reservoir: a case study of the Nam Oon Irrigation Project, Thailand. *Hydrological Processes: An International Journal*, 21 (23), 3211-3225..
- 100-Thompson, H. (2006). The applied theory of energy substitution in production. *Energy Economics*, 28 (4), 410-425.