Quarterly Journal of
The Macro and Strategic Policies

Winter 2018, Volume 6, Number 4

Research Paper

Studying the Trend of Sustainability Indices of Energy in the First Half of Iran's 20-Year Vision

***Hojat Parsa[1], Seyedeh Zahra Sajjady[2]**

1. PhD. in Economic Sciences, Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
2. MSc., Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Parsa, H., & Sajjady S. Z. (2019). [Studying the Trend of Sustainability Indices of Energy in the First Half of Iran's 20-Year Vision (Persian)]. *Quarterly Journal of the Macro and Strategic Policies, 6*(4), 546-567. http://dx.doi.org/10.32598/JMSP.6.4.546

http://dx.doi.org/10.32598/JMSP.6.4.546

CC BY NC

Received: 16 Sep 2017
Accepted: 21 Apr 2018
Available Online: 01 Jan 2019

Key words:
Vision document, Sustainable development, Energy, SEDI Index

ABSTRACT

The main purpose of this study is to evaluate the trend of sustainability indices of energy during two first-5-year periods in Iran's outlook 2025 (2005-2009 and 2010-2014). In order to evaluate the sustainability of the energy system, we applied the combined sustainable energy index (SEDI). Our study dimensions included are technical, economic, social, environmental, and institutional ones. After calculating the sustainability of all dimensions, they were normalized based on the HDI index calculation method. Afterwards, SEDI index was computed, i.e., by averaging the 5 dimensions. The results indicated that technical, economic, and social dimensions in the first 5-year period had positive sustainability rate, but in the second period, unlike technical and economic dimensions that their sustainability rates increased a little, social dimension rate experienced reduction. Environmental and institutional dimensions and also SEDI index had negative sustainability rate in the first 5-year period. SEDI sustainability rate in the second 5-year period became positive (but insignificant) and experienced a sustainable path. Sustainability rate of the environmental dimension in the second 5-year period with a slight improvement still remained negative, and contrary to this dimension, the institutional dimension became more unstable.

JEL Classification: O13, Q01, E66

*** Corresponding Author:**
Hojat Parsa, PhD.
Address: Department of Economics, Faculty of Literature and Humanities, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
Tel: +98 (917) 7036402
E-mail: hparsa@pgu.ac.ir

بررسی روند شاخص‌های پایداری انرژی در نیمه نخست سند چشم‌انداز ۲۰ساله ایران

* حجت پارسا[۱]، سیده زهرا سجادی[۲]

۱- دکترای علوم اقتصادی، استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.
۲- کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۵ شهریور ۱۳۹۶
تاریخ پذیرش: ۰۱ اردیبهشت ۱۳۹۷
تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۳۹۷

چکیده

هدف اصلی این مطالعه بررسی روند شاخص‌های پایداری انرژی در دو دوره ۵ساله نخست سند چشم انداز ۲۰ساله ایران (سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳) است. برای بررسی پایداری سیستم انرژی از شاخص ترکیبی توسعه پایدار انرژی استفاده شده است. ابعاد لحاظ‌شده در این پژوهش شامل ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی است. پس از محاسبه پایداری هرکدام از ابعاد، بر اساس روش محاسبه، شاخص توسعه انسانی پایداری به‌دست‌آمده، نرمال‌سازی شد، سپس شاخص ترکیبی توسعه پایدار انرژی که میانگین پنج بُعد است برای هر سال محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد ابعاد فنی، اقتصادی و اجتماعی در دوره ۵ساله نخست نرخ پایداری مثبت داشته‌اند، اما در دوره دوم برخلاف بُعد فنی و اقتصادی که نرخ پایداری آن‌ها افزایش اندکی داشته است، بُعد اجتماعی کاهش نرخ پایداری را تجربه کرده است. بُعد زیست‌محیطی و نهادی و همچنین شاخص ترکیبی توسعه پایدار انرژی در دوره نخست نرخ پایداری منفی داشته‌اند. نرخ پایداری شاخص ترکیبی توسعه پایدار انرژی در دوره ۵ساله دوم مثبت، اما ناچیز شده و در مسیر پایداری گام برداشته است. نرخ پایداری بُعد زیست‌محیطی در دوره دوم با بهبود اندکی همچنان منفی باقی مانده است و بر خلاف آن بُعد نهادی ناپایدارتر شده است.

طبقه‌بندی JEL: O13, Q01, E66

کلیدواژه‌ها:
سند چشم‌انداز، توسعه پایدار، انرژی، شاخص SEDI

* **نویسنده مسئول:**
دکتر حجت پارسا
نشانی: بوشهر، دانشگاه خلیج فارس، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه اقتصاد.
تلفن: ۷۰۳۶۴۰۲ (۹۱۷) ۹۸+
پست الکترونیکی: hparsa@pgu.ac.ir

مقدمه

سند چشم‌انداز ۲۰ساله ایران سندی برای تبیین افق توسعه ایران در زمینه‌های مختلف فرهنگی، علمی، اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است که اجرای آن از سال ۱۳۸۴ آغاز شده است و مطابق با آن می‌توان در چهار دوره برنامه‌ریزی ۵ساله به اهداف مدنظر دست یافت. سال ۱۴۰۴ خورشیدی افق این چشم‌انداز است. کشور ایران در افق این چشم‌انداز کشوری خواهد بود توسعه‌یافته، برخوردار از دانش پیشرفته و توزیع مناسب درآمد و بهره‌مند از محیط زیست مطلوب (سند چشم‌انداز ۲۰ساله). به عبارت دیگر به طور ضمنی سند چشم‌انداز به دنبال دستیابی به اهداف توسعه‌پایدار است. بنا به تعریف کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه، توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای نسل فعلی را بدون ایجاد اشکال در توانایی نسل‌های آینده در برآوردن احتیاجات خود تأمین می‌کند (زاهدی و نجفی، ۲۰۰۶).

یکی از پایه‌های اساسی توسعه‌پایدار و نیازهای نسل‌های آینده، انرژی است. سیستم انرژی در هر جامعه شامل بخش‌های تولید، توزیع و مدیریت مصرف انرژی است که در صورت مدیریت بهینه همه بخش‌های آن، می‌توان امید داشت آن جامعه در مسیر توسعه پایدار با لحاظ منافع نسل‌های آینده گام برمی‌دارد. با وجود اینکه انرژی برای توسعه اقتصادی و اجتماعی ضروری است، شیوه‌های تولید، تبدیل و مصرف انرژی می‌تواند منجر به تخلیه این منبع مهم و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی شود. مسئله مهم دیگر این است که وابستگی شدید کشور به منابع انرژی تمام‌شدنی، نمی‌تواند در بلندمدت دوام داشته باشد و ادامه چنین روندی نسل آینده را در برطرف‌کردن نیازهایشان با مشکل مواجه خواهد کرد و این مسائل در تضاد با اهداف سند چشم‌انداز ۲۰ساله کشور قرار دارد و دستیابی به اهداف توسعه پایدار را با مشکل مواجه می‌کند؛ بنابراین، توجه به انرژی‌های پاک در کنار نحوه تولید، تبدیل و مصرف انرژی‌های تمام‌شدنی برای سیاست‌گذاری ضرورت می‌یابد.

در ارتباط با دسترسی به انرژی‌های پاک و با قیمت مناسب نیز تفاوت‌ها و نابرابری‌های وسیعی به چشم می‌خورد و دشواری در تصمیم‌گیری را بیشتر می‌کند. مسئله مهم دیگر این است که سیستم انرژی، سیستمی است پیچیده و پیچیدگی آن تا حد زیادی به فضای چندبُعدی با مقیاس‌های متفاوت مرتبط است. برای سیاست‌گذاری نیز باید میزان پایداری توسعه را از نظر مقداری سنجید؛ بنابراین، به‌کارگیری شاخص‌های مرتبط در زمینه توسعه انرژی پایدار برای سیاست‌گذاری اهمیت می‌یابد. در این مقاله روند پایداری انرژی برای کشور ایران در دو دوره اول و دوم مربوط به سند چشم‌انداز ارزیابی خواهد شد و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاداتی ارائه خواهد شد. وجه تمایز این مطالعه با مطالعات انجام‌شده در زمینه پایداری توسعه این است که مطالعات صورت‌گرفته بیشتر سه بُعد را در بررسی پایداری لحاظ کرده‌اند و همچنین مطالعات داخلی کمی وجود دارد که به صورت کمّی به مسئله توسعه پایدار انرژی پرداخته باشد.

در این پژوهش سعی بر این است علاوه بر بررسی پایداری سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی که در مطالعات پیشین وجود دارد دو بُعد فنی و نهادی نیز بررسی شوند و متغیرهای متناسب با عرضه و تقاضای انرژی در سیستم چرخه انرژی در نظر گرفته شوند. با توجه به اینکه سند چشم‌انداز برای چهار دوره ۵ساله برنامه‌ریزی شده است، ضروری است برای پایش میزان دستیابی به اهداف آن، باید روند صعودی یا نزولی پایداری همه

بخش‌های آن را مطالعه و برای دوره‌های باقی‌مانده چاره‌اندیشی کرد. از آنجا که ۱۲ سال از زمان آغاز اجرای سند چشم‌انداز می‌گذرد و دوره سوم این سند کامل نشده است، دو دوره کامل از برنامه ۲۰ساله این سند (۱۳۸۴ تا ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳) که طی شده است بررسی خواهد شد و با محاسبه شاخص توسعه پایدار انرژی، روند پایداری سیستم انرژی ملاحظه و پیشنهادهای لازم و متناسب با وضعیت پایداری ارائه می‌شود. ادامه پژوهش بدین صورت خواهد بود: در بخش اول ادبیات موضوع بررسی و به مطالعات پیشین پرداخته می‌شود. بخش دوم به روش‌شناسی تحقیق اختصاص می‌یابد و در بخش سوم یافته‌های پژوهش ارائه می‌شود. در نهایت، در بخش چهارم بحث و نتیجه‌گیری پژوهش ارائه می‌شود.

۱- ادبیات موضوع

۱-۱- پیشینه تحقیق

اخیراً با درنظرگرفتن اهمیت انرژی در توسعه پایدار، به شاخص‌های پایداری انرژی و مسئله اندازه‌گیری آن توجه و منجر به انجام مطالعات متعددی در این زمینه شده است که در ادامه برخی از این مطالعات مرور خواهد شد. کاظمی‌فرد و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله خود به بررسی لزوم نیاز به منابع انرژی تجدیدپذیر، صنایع انرژی خورشیدی، سناریوهای انرژی جهان و چالش‌های پیش‌رو پرداخته‌اند و انرژی خورشیدی را به عنوان گزینه‌ای مطلوب معرفی کردند. نتایج این مطالعه نشان داده است استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به طور چشمگیری در کاهش اثر گلخانه‌ای و حفظ امنیت و سلامت کُره زمین و بشریت تأثیرگذار است. بریمانی و کعبی‌نژادیان (۲۰۱۴)، ضرورت به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر را از منظر محدودیت منابع و آلودگی زیست‌محیطی مطالعه کرده‌اند و با توجه به وضعیت کاربرد این انرژی‌ها در کشور با بیان انتظارات از این انرژی‌ها، به ارائه پیشنهاداتی پرداخته‌اند. پارسا و سجادی (۲۰۱۴)، با استفاده از مدل شاخص توسعه پایدار ترکیبی درجه پایداری ابعاد توسعه پایدار را برای سامانه انرژی ایران در سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای دوره زمانی ۱۳۸۹-۱۳۸۴ محاسبه کردند.

نتایج نشان داد در دوره مذکور اهداف توسعه پایدار در هیچ‌یک از ابعاد و همچنین در سطح کل محقق نشده است. نرخ پایداری برای ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی و نرخ پایداری کل، منفی و برای بُعد اجتماعی مثبت به دست آمد. مبینی دهکردی و همکاران (۲۰۰۹)، در مقاله خود با عنوان «بررسی وضعیت شاخص‌های مدیریت انرژی در ایران و جهان»، شاخص‌های سطح کلان بخش انرژی کشور را با سایر کشورهای دنیا مقایسه کردند و سپس در سطح خُرد، وضعیت شاخص‌ها را در بخش‌های نهایی محاسبه و تحلیل کردند. نتایج نشان داده است مدیریت مصرف، کاهش یارانه‌های انرژی و تدوین معیارهای مصرف از جمله الزامات اساسی کشور است. رحیمی (۲۰۰۳)، در مقاله‌ای به نام شاخص‌های توسعه پایدار انرژی در ایران، کلیاتی درباره برخی شاخص‌های توسعه پایدار ارائه کرد. سپس این شاخص‌ها را برای ایران کمّی در نظر گرفت و مدل مفهومی توسعه پایدار انرژی و روابط میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی آن را بیان کرد. نتایج نشان داد ایران در برخی شاخص‌های کلی انرژی جایگاه نسبتاً مناسبی دارد و با اجرای راه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، آموزش و آگاه‌سازی می‌توان

مقدار شاخص‌ها را تغییر داد، تعدیل کرد و بهبود بخشید.

شهاب‌منش و صبوحی (۲۰۱۷)، با استفاده از تحلیل چندمعیاره و شاخص‌های توسعه پایدار، پایداری سیستم انرژی را برای همدان ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان داده است یارانه انرژی، سرعت رشد شاخص پایداری کل را کاهش داده است. همچنین هنگامی که یک رشد اقتصادی بالا با یارانه انرژی همراه است، این شاخص به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. نتایج گویای این است که استفاده از انرژی تجدیدپذیر چگونه وضعیت پایداری سیستم انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ویدادیلی[1] و همکاران (۲۰۱۷)، در مقاله خود به نام «گذار به انرژی تجدیدپذیر و توسعه پایدار انرژی در آذربایجان» ضمن بررسی وضعیت انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر در کشور آذربایجان توسعه پایدار انرژی در آذربایجان را بررسی کرده‌اند و معیارهای مناسب سیاستی را برای این کشور پیشنهاد داده‌اند. گارسیا آلوارز[2] و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده از شاخص ترکیبی تجمیع‌یافته توسعه پایدار انرژی در ۱۵ کشور اروپایی را بررسی کردند. بدین منظور بر اساس ۳۳ متغیر، سه شاخص مربوط به ابعاد امنیت عرضه انرژی، بازار رقابتی انرژی و حفاظت محیط زیست را محاسبه کردند که درنهایت به شاخص ترکیبی تجمیعی دست یافتند.

نتایج نشان داد کشورهای دانمارک، هلند، فرانسه، پرتغال و انگلیس بهترین وضعیت را دارند. کشورهای سوئد، استرالیا، فنلاند، ایتالیا و آلمان وضعیتی متوسط دارند و کشورهای اسپانیا، ایرلند، یونان، بلژیک و لوکزامبورگ بدترین نتایج را نشان دادند. ادوما[3] (۲۰۱۶)، در مقاله خود به نام «در مسیر پایداری: مسائل کلیدی در توسعه پایدار انرژی نیجریه» موانع توسعه پایدار انرژی در نیجریه را بررسی کرده است. از جمله این موانع، می‌توان به موانع هزینه‌ای و قیمتی، موانع قانونی و مقرراتی و موانع مربوط به عملکرد بازار اشاره کرد. ادوما با برجسته‌کردن برخی سیاست‌های کلیدی که می‌توانند به رفع تعدادی از این موانع کمک کنند و توسعه پایدار و امن انرژی را برای نیجریه فراهم کنند، نتایجی را به دست آورد که طبق آن یکی از مهم‌ترین سیاست‌هایی که در این امر کمک می‌کند سیاست‌های آموزشی است. نارولا و ردی[4] (۲۰۱۵)، به مقایسه سه شاخص متفاوت پایداری انرژی، شاخص بین‌المللی ریسک امنیت انرژی و شاخص عملکرد معماری انرژی پرداختند و رتبه‌بندی کشورها را بررسی کردند.

ارزیابی مقایسه‌ای نشان داد این سه شاخص، رتبه‌بندی مختلفی را برای کشورها به دست می‌دهد که با یکدیگر سازگار نیستند و باید پایداری انرژی و امنیت انرژی را با ابزارهای دیگر بررسی کرد؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت در حالی که رتبه‌بندی کشورها از طریق معیارهای تکی ممکن است درست باشد، اما ارزیابی عملکرد کشورها براساس نتایج به‌دست‌آمده در یک مطالعه خاص ممکن است دقیق نباشد. بلومبرگا[5] و همکاران (۲۰۱۴)، به مدل‌سازی توسعه پایدار برای بخش انرژی پرداخته‌اند و بدین منظور از یک رویکرد پویای

1. Vidadili
2. García-Álvarez
3. Edomah
4. Narula & Reddy
5. Blumberga

سیستمی برای بررسی اثر کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت سیاست‌های مختلف کارایی انرژی ملی در بخش ساختمان‌های مسکونی و از داده‌های تاریخی مربوط به طرح یارانه و اقدامات سیاستی همراه آن در لیتوانی استفاده کردند. نتایج نشان داده است اهداف کارایی انرژی تا سال ۲۰۱۶ محقق نمی‌شود و فقدان ابزارهای سیاستی مصرف‌کننده‌محور روند اشاعه پروژه‌های مربوط به کارایی انرژی را کُند می‌کند. همچنین این نتیجه نیز حاصل شد که پویایی‌های سیستم پتانسیل‌های زیادی برای برنامه‌ریزی سیاست‌های پایدار مصرف انرژی در سطح ملی و بخشی دارد.

اشلر و همکاران[۶] (۲۰۱۳)، در مقاله خود با نام «روش‌های اندازه‌گیری توسعه پایدار بخش انرژی آلمان»، توسعه پایدار انرژی را برای کشور آلمان محاسبه کردند. در این پژوهش پایداری سه بُعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و سپس پایداری کل با استفاده از شاخص توسعه پایدار (ISUD)[۷] و شاخص پایداری انرژی استاندارد (SSEI)[۸] [با استفاده از دو روش جبران مازاد پایداری (SSC)[۹] و جبران مازاد پایداری سینوسی (SSSC)[۱۰]] محاسبه شد. نتایج این پژوهش نشان داد از طریق مفهوم پایداری استاندارد هیچ‌یک از روش‌های SSC و SSSC منجر به توسعه پایدار نشده است، اما محاسبه شاخص توسعه پایدار (ISUD) به روش SSC، پایداری توسعه در بخش انرژی این کشور را نشان می‌دهد، اما با محاسبه ISUD به روش SSSC توسعه پایدار محقق نشده است.

آنجلیس دیماکیس و همکاران[۱۱] (۲۰۱۲)، پایداری سیستم انرژی یونان را بررسی کردند. بدین منظور از مجموعه‌ای از شاخص‌های انرژی برای سال‌های ۱۹۶۰ به بعد استفاده کردند که هر شاخص مربوط به یکی از ابعاد توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) بود. نتایج نشان داد توسعه سیستم انرژی به طور عمده از بُعد اجتماعی تأثیر می‌پذیرد و بهبود عملکرد زیست‌محیطی به طور خاص در دهه آخر رخ داده است. در بُعد اقتصادی نیز بهبود اولیه در بهره‌وری رخ داده است، اما این نتیجه گمراه‌کننده است؛ چراکه بیشتر ناشی از افزایش تولید ناخالص داخلی[۱۲] بوده است تا بهبود کارایی انرژی، همچنین امنیت انرژی نیز در دهه آخر وضعیت بدی داشته است.

۱-۲- انرژی و توسعه پایدار

بخش انرژی یکی از موضوعات مهم در توسعه محسوب می‌شود و یکی از بخش‌های مهم و تعیین‌کننده در یک برنامه راهبرد ملی است. با توجه به اینکه انرژی در میان بخش‌های مختلف جریان دارد و بخش‌های مختلف نیز در ارتباط با یکدیگر هستند، تغییرات و توسعه در بخش انرژی یک کشور می‌تواند بر توسعه سایر

6. Schlör
7. Index of Sustainable Development
8. Standardized Sustainability Energy Indicator
9. Sustainability Surplus Compensation
10. Sine Sustainability Surplus Compensation
11. Angelis-Dimakis et.al
12. Gross Domestic Product (GDP)

بخش‌ها اثرگذار باشد. آنچه اهمیت دارد پایداری این توسعه است و تمام کشورها برای دستیابی به این پایداری در بخش‌های مختلف تلاش می‌کنند. سیستم انرژی سیستم پیچیده‌ای است که پیچیدگی آن تا حد زیادی مرتبط به فضای چندبُعدی با مقیاس‌های متفاوت است (افغان، کاروالهو و هوانف، ۲۰۰۵). این ابعاد مختلف با یکدیگر در تعامل و ارتباط هستند. بدین صورت که می‌توان گفت با رشد جمعیت نیاز به انرژی افزایش می‌یابد، ارتقای سبک زندگی، افزایش تقاضا برای انرژی و گسترش اقتصادهای صنعتی همگی منجر به افزایش مصرف انرژی عرضه‌شده می‌شوند (عمر، ۲۰۱۱).

همان‌گونه که بیان شد در سیستم انرژی، انرژی عرضه‌شده، تقاضا می‌شود و حتی ممکن است تقاضای انرژی بر عرضه انرژی در راستای افزایش فشار وارد کند؛ بنابراین، می‌توان از جنبه دیگری نیز روابط موجود در سیستم انرژی را بررسی کرد. سیستم انرژی به صورت یک چرخه است که این چرخه دو سمت عرضه و تقاضا دارد. نقطه ورودی به این چرخه، تولید انرژی یا واردات و یا هر دو است که ترکیب آن‌ها که برخی نیز هنوز به شکل اولیه خود هستند کل عرضه انرژی اولیه[13] نام دارد و خروجی مطلوب آن کل مصرف نهایی[14] است که برای رسیدن به این خروجی مطلوب باید بر روی عرضه انرژی اولیه، عملیاتی صورت گیرد که تغییر شکل یابد یا تبدیل شود. میزان کل مصرف نهایی به‌دست‌آمده نیز به کارایی تبدیل بستگی دارد.

هنگامی که کل مصرف نهایی به دست آمد، نیمه اول چرخه، یعنی سمت عرضه کامل می‌شود، اما پایداری سیستم منوط به این است که سمت تقاضای سیستم انرژی نیز در نظر گرفته شود. مصرف انرژی به دو شکل مولد و غیرمولد صورت می‌گیرد؛ مصرف غیرمولد در بخش مسکونی و مصرف مولد در بخش تولیدی (کشاورزی، صنعتی، تجاری، حمل و نقل و خدمات رسمی) اتفاق می‌افتد که بر اساس کارایی می‌تواند تولید ناخالص داخلی ایجاد کند. شروع مجدد چرخه انرژی (فرایند تولید یا واردات انرژی) نیازمند سرمایه‌گذاری مالی است و سرمایه‌گذاری مالی نیز تا حد زیادی به بهره‌وری ناشی از کل مصرف نهایی بستگی دارد؛ به عبارت دیگر این زمانی اتفاق می‌افتد که کل مصرف نهایی تولیدشده منجر به خلق ثروت در اقتصاد شود؛ بدین صورت بخشی از آن به چرخه بازمی‌گردد و فرایند از سر گرفته می‌شود (ایدریسو و باتاچاریا، ۲۰۱۵).

۱-۳- ابعاد پایداری انرژی

به منظور بررسی پایداری سیستم انرژی به لحاظ کمّی باید شاخص‌هایی را برای تمام ابعاد از آغاز چرخه تا پایان آن در نظر گرفت. ابعاد اصلی یک سیستم پایدار شامل ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. در کنار این سه بُعد اصلی که برای توسعه پایدار هر سیستم در نظر گرفته می‌شود، می‌توان متناسب با سیستم موردبررسی، ابعاد دیگری را نیز لحاظ کرد. در سیستم انرژی دو بُعد فنی و نهادی از ابعادی هستند که می‌توان پایداری آن‌ها را در کنار پایداری سه رکن اساسی مذکور ارزیابی کرد و پایداری سیستم انرژی را بر اساس این پنج بُعد ملاحظه کرد. در ادامه هریک از این ابعاد برای سیستم انرژی بررسی می‌شود.

13. Total Primary Energy Supply (TPES)
14. Total Final Consumption (TFC)

۱-۳-۱- پایداری فنی

پایداری فنی مربوط به عرضه چرخه است و توانایی سیستم تأمین انرژی برای برآورده‌کردن نیازهای فعلی و آتی جامعه را نشان می‌دهد (ایدریسو و باتاچاریا، ۲۰۱۵). ظرفیت تولید سیستم انرژی متشکل از زیرساخت‌های فنی و واردات منابع است. در ایران در دو دهه اخیر در راستای انتقال و ارتقای فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر اقداماتی صورت گرفته است که اشتغال و صرفه‌جویی انرژی را به همراه داشته است (بریمانی و کعبی‌نژادیان، ۲۰۱۴). از کل فراورده‌های نفتی (سوخت‌های فسیلی) که استفاده استفاده می‌شوند آن بخش از مصرف فراورده‌ها که از طریق واردات تأمین می‌شود، ناشی از این است که کشور تکنولوژی تولید آن را نداشته است؛ یعنی به لحاظ فنی امکان تولید آن در داخل کشور فراهم نبوده است. هرچه نسبت واردات فراورده‌های نفتی به کل مصرف فراورده‌های نفتی کمتر باشد، یعنی کشور به لحاظ فنی و تکنولوژیکی توان تولید بیشتری از مصرف داخلی را داشته است؛ بنابراین، هرچه این نسبت کمتر باشد، حرکت سیستم به سوی پایداری تولید بیشتر است و هرچه این نسبت بیشتر باشد عکس حالت قبل رخ می‌دهد.

۱-۳-۲- پایداری اقتصادی

انرژی، لازمه رشد و توسعه اقتصادی یک کشور به شمار می‌آید و پایداری این رشد و توسعه اقتصادی را می‌توان با مشاهده سهم انرژی مصرف‌شده برای اهداف مولد و کارایی‌ای ارزیابی کرد که به کمک آن تولید ملی حاصل شده است. از سوی دیگر، غالب مطالعات صورت‌گرفته نیز نشان داده‌اند رشد اقتصادی پیامدهای مخرب زیست‌محیطی به دنبال داشته و علت آلودگی زیست‌محیطی است (میرشجاعیان حسینی و رهبر، ۲۰۱۰؛ بهبودی و برقی، ۲۰۰۹)؛ بنابراین، باید با ایجاد تنوع در استفاده از منابع انرژی و کاهش وابستگی به حامل‌های انرژی، به سوی مصرف انرژی‌های پاک هم در بخش مولد و هم در بخش غیرمولد حرکت کرد. پس به طور کلی برای نشان‌دادن پایداری بُعد اقتصادی سیستم انرژی، لازم است شاخص‌هایی متناسب با مصرف انرژی در بخش مولد، کارایی مصرف انرژی و مصرف انرژی پاک انتخاب کرد.

۱-۳-۳- پایداری اجتماعی

پایداری سیستم انرژی برای اینکه اعتبار و ارزش لازم را داشته باشد باید جنبه‌های اجتماعی را نیز دربر بگیرد. این بُعد از پایداری، انرژی اثر توزیعی انرژی بر جامعه را ارزیابی می‌کند. جامعه متناسب با درآمدی که دارد به سوی مصرف انرژی‌های پاک گام برمی‌دارد. در جامعه‌ای که اختلاف درآمد درخور توجه باشد، امکان دسترسی همه افراد به انرژی‌های پاک وجود نخواهد داشت؛ بنابراین آن قشر از جامعه را که سطح درآمد پایینی دارند توسعه‌یافته نخواهیم دید. از این رو به‌موازات توجه به دیگر ابعاد پایداری سیستم انرژی، توجه به بُعد اجتماعی نیز ضرورت می‌یابد.

۱-۳-۴- پایداری زیست‌محیطی

رشد و توسعه اقتصادی کشورها غالباً اثرات منفی و مخربی بر محیط زیست به جا می‌گذارند؛ بنابراین، در

بسیاری از مناطق، تخریب زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف انرژی، مانع توسعه پایدار می‌شود (ورا و عبدالله، ۲۰۰۵). به عبارت دیگر یکی از موانع دستیابی جوامع کنونی به انرژی پایدار وجود معضلات زیست‌محیطی است. معضلاتی همچون تغییرات جهانی آب و هوا، تخریب لایه اوزون، انفجار جمعیت و غیره. کشورهای با سرانه انتشار آلاینده‌های بیشتر، به لحاظ زیست‌محیطی کمتر توسعه‌یافته هستند. همچنین در بسیاری از کشورها خانوارها همچنان از سوخت‌هایی استفاده می‌کنند که مصرف آن‌ها آلودگی‌های زیادی را به دنبال دارد؛ بنابراین، برای سیاست‌گذاران کشورها این مسئله مهم است که اثرات منفی انرژی بر جامعه را کاهش داده و بر اثرات مثبت آن بیفزایند.

۱-۳-۵- پایداری نهادی

بُعد نهادی یکی از ابعاد مهم توسعه پایدار است و فراموشی این بُعد یکی از بزرگ‌ترین کمبودهای مدیریت اجرای توسعه پایدار به شمار می‌آید. این بُعد می‌تواند (از طریق سیاست‌های اصلاحی که بر پایداری کل سیستم انرژی تأثیر می‌گذارند) همه ابعاد دیگر را تحت تأثیر قرار دهد (ورا، لنگلویس، روگنر، جلال و تت ۲۰۰۵). در این بُعد می‌توان توان کشور در مدیریت عرضه داخلی را مشاهده کرد. شاخص‌های بُعد نهادی می‌توانند به اندازه‌گیری اثربخشی استراتژی‌ها و برنامه‌های ملی توسعه پایدار انرژی، اثربخشی سرمایه‌گذاری‌ها در ظرفیت‌سازی، آموزش یا تحقیق و توسعه کمک کنند. این شاخص‌ها همچنین می‌توانند در نشان‌دادن حرکت به سمت قانون‌گذاری مناسب و مؤثر برای سیستم انرژی کمک کنند (آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ۲۰۰۵).

۲- روش‌شناسی تحقیق

شاخص متغیری است که یک مشخصه از وضعیت سیستم را ارائه می‌دهد و اغلب بر پایه داده‌های مشاهده‌شده یا محاسبه‌شده است. توسعه پایدار انرژی از جمله مسائل مهم یک کشور به شمار می‌آید که در تصمیمات سیاست‌گذاری مربوط به آن، باید از شاخص‌های عددی استفاده کرد. زمانی که چند شاخص استفاده شوند، در یک چارچوب طبقه‌بندی‌شده یا به صورت تجمیع‌شده باید از آن‌ها استفاده کرد (مایر، ۲۰۰۸). شاخص‌های ترکیبی برای اندازه‌گیری مفاهیم چندبُعدی که نمی‌توان آن مفاهیم را با شاخص‌های تکی بررسی کرد مناسب هستند (کیلکیس، ۲۰۱۶)؛ بنابراین شاخص‌ها می‌توانند بینشی ساده، جامع و چندبُعدی از یک سیستم را ارائه دهند. برای دستیابی و حفظ پایداری، سیاست‌گذاران به اطلاعاتی در طول زمان نیاز دارند که نشان دهد آیا سیستم به طور کلی پایدارتر می‌شود یا ناپایدارتر. زمانی این شاخص‌ها می‌توانند پایدارترشدن یا ناپایدارترشدن سیستم را نشان دهند که در طول دوره زمانی محاسبه شوند. در این صورت همچنین می‌توانند نشان دهند کدام عامل علت اصلی این پایداری یا ناپایداری بوده است. در این پژوهش با الهام از مطالعه ایدریسو و باتاچاریا (۲۰۱۵) توسعه پایدار انرژی در ایران بررسی شده است.

شاخص توسعه پایدار انرژی[15] شاخصی کلی است که با توجه به تنوع ابعاد و شاخص‌های مرتبط با توسعه

15. Sustainable Energy Development Index (SEDI)

پایدار انرژی، به صورتی ساده و جامع به بررسی ابعاد سیستم پایدار انرژی می‌پردازد. این شاخص میانگین حسابی پایداری پنج بُعد فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی است. پس از محاسبه پایداری هر بُعد می‌توان مشاهده کرد که آیا هریک از ابعاد در مسیر پایداری حرکت می‌کنند یا خیر. سپس با محاسبه شاخص در طول زمان می‌توان پایداری کل را بررسی کرد. از آنجا که در برخی ابعاد، واحد شاخص‌ها می‌توانند خیلی بزرگ یا خیلی کوچک باشند، ممکن است برای بررسی پایداری با مشکل مواجه شویم. بدین دلیل باید مقادیری را برای شاخص‌ها به دست آوریم که دامنه آن بین صفر و یک باشد. مقدار صفر برای یک بُعد بدین معنی است که در آن بُعد در سال موردنظر ناپایداری وجود دارد و مقدار یک به معنی دستیابی کامل به پایداری است. اگر مقادیر منفی نیز به دست آمد، به معنی وضعیت ناپایدار برای بُعد مدنظر است؛ بنابراین، پس از محاسبه پایداری هرکدام از ابعاد از نرمال‌سازی شاخص‌ها (با استفاده از روشی که برای محاسبه شاخص توسعه انسانی[16] استفاده شد) استفاده می‌شود. برخی شاخص‌ها مقدار بیشترشان عملکرد بهتر یک سیستم را نشان می‌دهند و برای برخی شاخص‌ها مقدار کمتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است؛ بنابراین برای شاخص‌های از نوع اول معادله نرمال‌سازی به صورت معادله (۱) تعریف می‌شود:

$$X=\frac{X_{Act}-X_{Min}}{X_{Max}-X_{Min}} \quad (۱)$$

که در آن مقدار شاخص، مقدار واقعی شاخص در سال موردنظر و به ترتیب مقدار حداکثر و حداقل شاخص در دوره مدنظر است. از سوی دیگر برای شاخص‌های نوع دوم که مقدار کمتر آن‌ها بهتر است نیز نرمال‌سازی به صورت معادله (۲) می‌گیرد:

$$X=\frac{X_{Max}-X_{Act}}{X_{Max}-X_{Min}} \quad (۲)$$

که در آن متغیرها همان تعریف موجود در معادله (۱) را دارند.

انتخاب داده‌های پژوهش بر اساس دو ویژگی دردسترس‌بودن و مربوط‌بودن آن‌ها به هر بُعد صورت گرفته است. در ادامه با توجه به متغیرهای انتخابی، شیوه محاسبه پایداری هر بُعد شرح داده می‌شود.

پایداری فنی: در این پژوهش برای بررسی پایداری بُعد فنی، از نسبت واردات فراورده‌های نفتی به مصرف فراورده‌های نفتی (Tec) استفاده شده‌است. هرچه این نسبت کمتر باشد، بهتر است؛ بنابراین، بعد از محاسبه این نسبت بر اساس معادله (۲) نرمال‌سازی صورت می‌گیرد.

پایداری اقتصادی: در این بُعد برای نشان‌دادن رشد و توسعه اقتصادی و حرکت به سوی مصرف انرژی پاک همراه با کارایی از سه شاخص مصرف سرانه انرژی پاک (Eco_1)، شدت انرژی (Eco_2) و نسبت مصرف انرژی در

16. Human Development Index (HDI)

بخش مولد به کل مصرف انرژی (Eco_3) استفاده می‌شود. مصرف سرانه انرژی پاک، رفاه اقتصادی کل جامعه را به ازای هر فرد نشان می‌دهد. این مصرف باید با کارایی همراه باشد. ترکیب مصرف انرژی پاک و کارایی مصرف، معادله (۳) را به دست می‌دهد تا منفعت اقتصادی سرانه را نشان دهد:

(۳)

$$\text{منفعت اقتصادی سرانه} = \frac{Eco_1}{Eco_2}$$

(۴)

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{1}{\text{شدت انرژی}} = \frac{1}{Eco_2}$$

از آنجا که برای رشد و توسعه اقتصادی مصرف انرژی در بخش مولد ضرورت دارد، معادله (۳) در سهم مصرف انرژی در بخش مولد ضرب می‌شود و معادله کلی برای بُعد اقتصادی به صورت معادله (۵) به دست می‌آید:

(۵)

$$\text{اقتصادی پایداری} = \frac{Eco_1 \times Eco_3}{Eco_2}$$

حاصل کسر هرچه بیشتر باشد، بهتر است؛ بنابراین نرمال‌سازی این بُعد بر اساس معادله (۱) صورت می‌گیرد.

پایداری اجتماعی: از آنجا که این بُعد از پایداری انرژی اثر توزیعی انرژی بر جامعه را ارزیابی می‌کند از مصرف سرانه انرژی پاک در بخش مسکونی (Soc_1) برای نشان‌دادن میزان دسترسی خانوار به انرژی‌های پاک و از ضریب جینی (Soc_2) برای نشان‌دادن توزیع عادلانه درآمد استفاده می‌شود. پایداری این بُعد به صورت معادله (۶) محاسبه می‌شود:

(۶)

$$\text{اجتماعی پایداری} = Soc_1 \times (1-Soc_2)$$

با توجه به اینکه ضریب جینی بالا، نشان‌دهنده نابرابری بیشتر است، عبارت داخل پرانتز سطح واقعی توزیع برابر درآمد را نشان می‌دهد. پس از محاسبه پایداری این بعد، نرمال‌سازی بر اساس معادله (۱) انجام می‌شود.

پایداری زیست‌محیطی: همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد پایداری زیست‌محیطی می‌تواند به میزان انتشار آلاینده‌ها وابسته باشد. در این بُعد، از شاخص سرانه انتشار Co_2 (Env) استفاده می‌شود. با توجه به اینکه این شاخص هرچه بیشتر باشد بُعد مربوطه ناپایدارتر است، از معادله (۲) برای نرمال‌سازی استفاده می‌شود.

پایداری نهادی: در این بعد از نسبت تولید داخلی انرژی به کل عرضه انرژی اولیه (Ins_1) به عنوان یکی از شاخص‌های این بُعد استفاده می‌شود. از آنجا که اغلب کشورهای غنی از انرژی و در حال توسعه برای تولید داخلی به سرمایه‌گذاری در تجهیزات و تکنولوژی نیاز دارند و این تکنولوژی را باید وارد کنند، نسبت مذکور را

در نسبت بیع متقابل در حوزه نفت و گاز به جمع سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (Ins_2) ضرب می‌کنیم. پایداری این بُعد به صورت معادله (۷) محاسبه می‌شود:

(۷)

$$\text{نهادی پایداری} = Ins_1 \times Ins_2$$

حاصل معادله مربوطه توان کشور در مدیریت تولید داخلی از عرضه کل انرژی را نشان می‌دهد. پس از به‌دست‌آمدن پایداری بُعد مربوطه، از معادله (۱) برای نرمال‌سازی استفاده می‌شود.

۳- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش برای بررسی توسعه پایدار انرژی کشور ایران در دوره ۱۰ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۴) از آغاز اجرای سند چشم‌انداز ۲۰ساله، پنج بُعد فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی در نظر گرفته شده است و برای هر بُعد نیز شاخص‌هایی متناسب با آن بعد لحاظ شده است. داده‌های استفاده‌شده با توجه به مرتبط‌بودن با بُعد مدنظر و دردسترس‌بودن آن‌ها انتخاب شده‌اند. متغیرهای هر بُعد عبارتند از:

بُعد فنی: نسبت واردات فراورده‌های نفتی به مصرف فراورده‌های نفتی (میلیون بشکه معادل نفت خام) (Tec).

بُعد اقتصادی: مصرف سرانه برق (هزار بشکه معادل نفت خام به ازای هر نفر)، شدت انرژی (هزار بشکه معادل نفت خام به ازای هر نفر)، نسبت مصرف انرژی بخش کشاورزی، صنعت و حمل‌ونقل به عنوان نماینده بخش مولد به کل مصرف انرژی (میلیون بشکه معادل نفت خام).

بُعد اجتماعی: ضریب جینی (بدون واحد)، مصرف سرانه انرژی برق در بخش مسکونی به عنوان نماینده مصرف انرژی پاک در این بخش (هزار بشکه معادل نفت خام به ازای هر نفر).

بُعد زیست‌محیطی: انتشار سرانه (کیلوگرم به ازای هر نفر).

بعد نهادی: نسبت کل تولید داخلی انرژی به کل عرضه انرژی اولیه (میلیون بشکه معادل نفت خام)، نسبت بیع متقابل در حوزه نفت و گاز به جمع سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (میلیون دلار)

متغیرهای مذکور از سایت‌های بانک مرکزی ایران و ترازنامه انرژی ایران گردآوری شده‌اند. برای محاسبه شاخص توسعه پایدار انرژی، ابتدا پایداری هر بُعد را در سال موردنظر محاسبه می‌کنیم، سپس با محاسبه میانگین پنج بُعد، شاخص توسعه پایدار انرژی را برای هر سال به دست می‌آوریم و روند پایداری را برای دوره‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۴، ۱۳۹۳-۱۳۸۹ و ۱۳۹۳-۱۳۸۴ بررسی می‌کنیم[۱۷]. نتایج به‌دست‌آمده در جدول‌های شماره ۱ و ۲ و تصویرهای ۱ تا ۶ ارائه شده‌اند.

۱۷. به منظور اختصار مطلب تنها شکل مربوط به روند پایداری در کل دوره ارائه شده است و برای دو دوره ۵ساله تنها نرخ پایداری پس از به‌دست‌آوردن خط روند در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۱. محاسبه ابعاد مختلف طی دو دوره ۵ساله نخست سند چشم‌انداز ۲۰ساله جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۳-۱۳۸۴)

	سال	۱۳۸٤	۱۳۸۵	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	متوسط پایداری ابعاد در ۵ساله نخست
بُعد فنی	Tec*	۰/۱۶۶۸۰۰	۰/۱۹۴۴۹۸	۰/۱۶۳۲۳۰	۰/۱۷۳۹۲۳	۰/۱۶۱۰۷۰	۰/۱۳
	پایداری بُعد فنی پس از نرمال‌سازی	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۹	
بُعد اقتصادی	Eco_1*	۰/۰۰۱۱۴۸	۰/۰۰۱۲۲۵	۰/۰۰۱۲۷۱	۰/۰۰۱۳۳۱	۰/۰۰۱۳۶۸	۰/۲۴
	Eco_2*	۰/۰۰۱۹۱۴	۰/۰۰۱۹۹۵	۰/۰۰۱۱۹۶۲	۰/۰۰۲۰۱۶	۰/۰۰۲۰۳۹	
	Eco_3*	۰/۵۵۷۴۳۴	۰/۵۴۰۱۷۷	۰/۵۴۶۵۵۹	۰/۵۷۲۲۰۵	۰/۵۷۷۵۴۳	
	پایداری اقتصادی $=\frac{Eco_1 \times Eco_3}{Eco_2}$	۰/۳۳۴۲۹۷	۰/۳۳۸۴۴۳	۰/۳۵۳۸۸۹	۰/۳۷۷۸۴۰	۰/۳۸۷۵۰۴	
	پایداری بُعد اقتصادی پس از نرمال‌سازی	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	
بُعد اجتماعی	Soc_1**	۰/۶۵۳۲۶	۰/۶۸۲۰۹۷	۰/۷۰۹۸۴۹	۰/۷۲۸۷۶	۰/۷۵۵۳۲۳	۰/۲۵
	Soc_2**	۰/۴۰۲۳	۰/۴۰۰۴	۰/۴۰۴۵	۰/۴۸۵۹	۰/۳۹۳۹	
	$Soc_1(1-Soc_2)$	۰/۳۹۰۴۵۴	۰/۴۰۸۹۸۶	۰/۴۲۲۷۱۵	۰/۴۴۷۵۳۱	۰/۴۵۷۸۰۱	
	پایداری بُعد اجتماعی پس از نرمال‌سازی	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۴۰	۰/۴۸	
بُعد زیست‌محیطی	Env*	۵۵۷۸/۴	۵۹۷۲/۶	۶۶۸۳/۸	۷۲۰۹/۵	۷۳۱۱/۹	۰/۵۳
	پایداری بُعد زیست‌محیطی پس از نرمال‌سازی	۱/۰۰	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۲۱	۰/۱۶	
بُعد نهادی	Ins_1*	۱/۸۰۱۱۹	۱/۷۱۱۴۸۳	۱/۶۶۴۸۱۴	۱/۶۲۶۸۵۱	۱/۵۹۰۲۰۳	۰/۶۶
	Ins_2**	۰/۷۰۲۶۲۱	۰/۶۵۳۰۱۴	۰/۴۷۴۵۱۲	۰/۶۳۰۴۵۹	۰/۶۹۰۸۵۳	
	Ins_1* Ins_2	۱/۲۶۵۵۵۶	۱/۱۱۷۶۲۲	۰/۷۸۹۹۷۵	۱/۰۲۵۶۶۳	۱/۰۹۸۵۹۶	
	پایداری بُعد نهادی پس از نرمال‌سازی	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۲۸	۰/۶۱	۰/۷۲	

	سال	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	متوسط پایداری ابعاد در ۵ساله دوم	متوسط پایداری ابعاد در دوره ۱۰ساله
بُعد فنی	Tec*	۰/۱۲۱۱۳	۰/۰۳۴۲۵۹	۰/۰۱۴۰۰۵	۰/۰۲۶۶۹۷	۰/۰۶۰۲۰۷		
	پایداری بُعد فنی پس از نرمال‌سازی	۰/۴۱	۰/۸۹	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۷۹	۰/۴۶
بُعد اقتصادی	Eco_1*	۰/۰۰۱۴۶۴	۰/۰۰۱۴۸۲	۰/۰۰۱۵۴۱	۰/۰۰۱۵۶۵	۰/۰۰۱۶۳۴		
	Eco_2*	۰/۰۰۵۴۸۵	۰/۰۰۵۴۹۰	۰/۰۰۰۵۸۸	۰/۰۰۰۶۲۳	۰/۰۰۰۶۵		
	Eco_3*	۰/۰۵۲۷۶۷	۰/۵۲۹۲۹۳	۰/۵۵۱۵۶۱	۰/۵۳۸۷۴۹	۰/۵۴۱۰۰۱		
	پایداری اقتصادی $= \frac{Eco_1 \times Eco_3}{Eco_2}$	۰/۰۱۴۳۴۸	۰/۱۴۲۹۲۹	۱/۴۴۶۶۶۴	۱/۳۵۲۵۲۵	۱/۳۵۹۷۵۳		
	پایداری بُعد اقتصادی پس از نرمال‌سازی	۰/۰۰	۰/۰۹	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۵۹	۰/۴۲
بُعد اجتماعی	Soc_1**	۰/۸۱۵۰۱	۰/۷۸۳۹۴۲	۰/۸۰۸۲۵۴	۰/۸۵۵۶۰۶	۰/۸۸۵۷۲۶		
	Soc_2**	۰/۲۸۱۳	۰/۲۷۵	۰/۳۸۳۴	۰/۳۹۵۲	۰/۳۹۹۹		
	$Soc_1(1-Soc_2)$	۰/۵۰۴۲۴۴	۰/۴۸۹۹۶۴	۰/۴۹۸۳۶۹	۰/۵۱۷۴۷۰	۰/۵۳۱۵۲۴		
	پایداری بُعد اجتماعی پس از نرمال‌سازی	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۸۴	۰/۵۴
بُعد زیست‌محیطی	Env*	۷۱۲۴	۷۲۷۹	۷۳۲۳	۷۶۳۵	۷۵۵۸		
	پایداری بُعد زیست‌محیطی پس از نرمال‌سازی	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۳۲
بُعد نهادی	Ins_1*	۱/۶۴۵۶۷۳	۱/۶۰۸۵۴۸	۱/۳۸۹۲۶	۱/۳۳۶۵۷	۱/۴۰۳۹۵۸		
	Ins_2**	۰/۷۹۰۳۰۱	۰/۶۵۶۸۹۳	۰/۸۳۴۶۵۸	۰/۵۹۰۹۷۵	۰/۴۱۸۴۳۶		
	Ins_1* Ins_2	۱/۳۰۰۵۷۷	۱/۰۵۶۶۴۳	۱/۱۵۹۵۵۷	۰/۷۸۹۸۷۹	۰/۵۸۷۴۶۷		
	پایداری بُعد نهادی پس از نرمال‌سازی	۱/۰۰	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۲۸	۰/۰۰	۰/۵۵	۰/۶۰

منبع:یافته‌های تحقیق

* ترازنامه انرژی ایران؛** بانک مرکزی ایران

جدول ۲. شاخص‌های پایداری هر بُعد و شاخص پایداری کل طی دو دوره ۵ساله نخست سند چشم‌انداز (۱۳۹۳-۱۳۸۴)

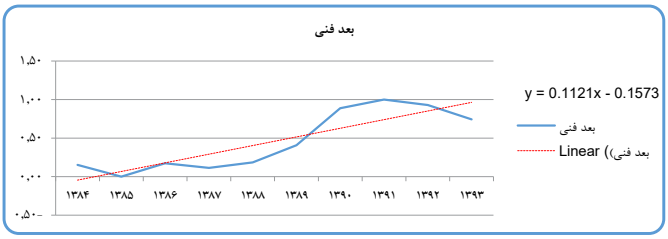
سال	۱۳۸٤	۱۳۸۵	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	پایداری کل هر بُعد
پایداری بُعد فنی	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۴۱	۰/۸۹	۷۰۰	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۴۶
پایداری بُعد اقتصادی	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۰۹	۷۰۰	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۴۲
پایداری بُعد اجتماعی	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۹۰	۷۰۰	۰/۵۴
پایداری بُعد زیست‌محیطی	۷۰۰	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۳۲
پایداری بُعد نهادی	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۲۸	۰/۶۱	۰/۷۲	۷۰۰	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۲۸	۰/۰۰	۰/۶۰
SEDI	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۵۰	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۴۷

سال	نرخ پایداری		
	۱۳۸۴-۱۳۸۸ (۵ساله نخست)	۱۳۸۹-۱۳۹۳ (۵ساله دوم)	۱۳۸۴-۱۳۹۳ (۱۰ساله نخست)
پایداری بُعد فنی	۰/۰۱۷۷	۰/۰۷۱۷	۰/۱۱۲۱
پایداری بُعد اقتصادی	۰/۰۱۰۲	۰/۲۷۲۳	۰/۰۸۷۶
پایداری بُعد اجتماعی	۰/۱۲۲۸	۰/۰۵۸۲	۰/۱۱۰۹
پایداری بُعد زیست‌محیطی	-۰/۲۲۸۷	-۰/۰۵۹۵	-۰/۰۹۶۳
پایداری بُعد نهادی	-۰/۰۶	-۰/۲۳۸۴	-۰/۰۵۳۴
SEDI	-۰/۰۲۷۶	۰/۰۲۰۸	۰/۰۳۳۴

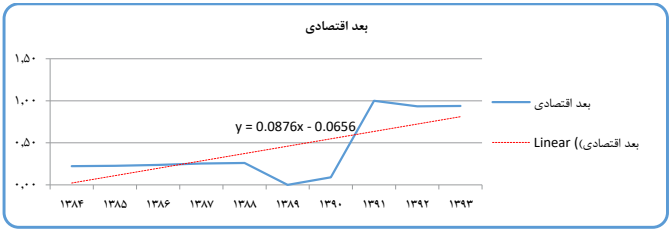
منبع: یافته‌های تحقیق

فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان

همان‌گونه که در قسمت قبل بیان شد متغیرهای هر بُعد در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند و محاسبات مربوط به پایداری هر بُعد بر اساس توضیحات ارائه‌شده در بخش روش‌شناسی تحقیق، انجام شد و به جدول شماره ۲ انتقال داده شده است. در جدول شماره ۲ نیز علاوه بر نتایج حاصل‌شده از جدول شماره ۱ که مربوط به پایداری هر بُعد از سامانه انرژی است، پایداری کل سیستم انرژی برای هر سال از طریق محاسبه میانگین پنج بُعد در هر سال ارائه شده است. در پایان نرخ پایداری در این جدول برای هر دو دوره ۵ساله اول و دوم و نیز برای کل دوره ۱۰ساله نخست سند چشم‌انداز ۲۰ساله بر اساس روند پایداری در این دوره‌ها به دست آمده است و نهایتاً روند پایداری در دوره ۱۰ساله ارائه شده است.

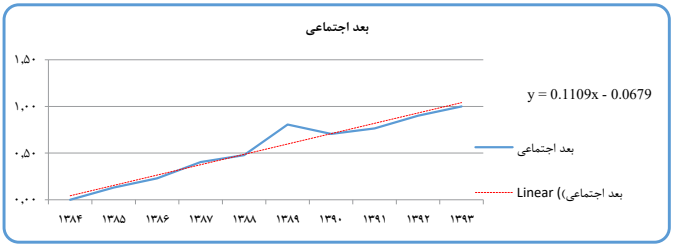


تصویر ۱. روند پایداری بُعد فنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

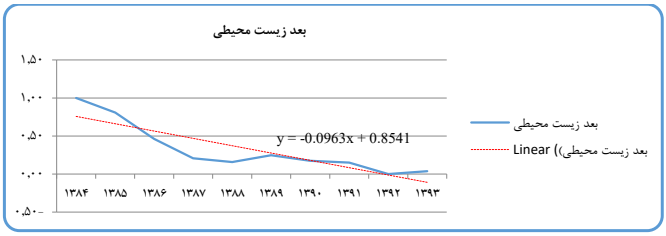


تصویر ۲. روند پایداری بُعد اقتصادی (منبع: یافته‌های تحقیق)

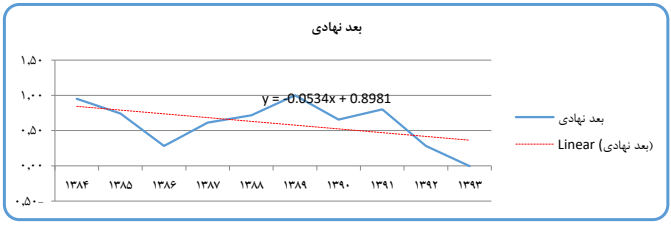
جدول شماره ۲ نشان می‌دهد متوسط شاخص پایداری هرکدام از ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و نهادی کمتر از یک است (که به ترتیب معادل ۰/۴۶، ۰/۴۲، ۰/۵۴، ۰/۳۲ و ۰/۶ است)؛ بنابراین می‌توان گفت به طور متوسط اهداف توسعه پایدار در این ابعاد برای سامانه انرژی ایران طی دوره ۱۳۹۳-۱۳۸۴ حاصل نشده است. نرخ پایداری بُعد فنی برای دوره‌های ۵ساله اول و دوم مثبت بوده است (۰/۰۱۷۷ و ۰/۰۷۱۷) و در دوره دوم حرکت به سمت پایداری، بیشتر مشاهده شده است (۰/۰۷۱۷). این نتیجه نشان می‌دهد در دوره ۵ساله دوم (۱۳۹۳-۱۳۸۹) به لحاظ تکنولوژیکی، کشور توان بیشتری در تولید انرژی در داخل را داشته است. نرخ پایداری کل برای این بُعد در طول دوره ۱۰ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۴) مثبت و معادل ۰/۱۱۲۱ بوده است و با توجه به مثبت‌بودن آن، حرکت به سمت توسعه پایدار در کل دوره موردبررسی را نشان می‌دهد.



تصویر ۳. روند پایداری بُعد اجتماعی (منبع: یافته‌های تحقیق)

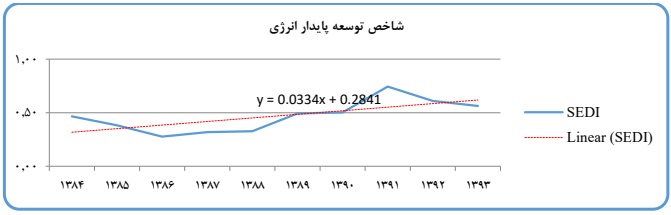


تصویر ۴. روند پایداری بُعد زیست‌محیطی (منبع: یافته‌های تحقیق)



تصویر ۵. روند پایداری بُعد نهادی (منبع: یافته‌های تحقیق)

نرخ پایداری بُعد اقتصادی و اجتماعی نیز مطابق با جدول شماره ۲ برای ۵ساله اول و دوم مثبت بوده است. بُعد اقتصادی در ۵ساله دوم نرخ پایداری بیشتری نسبت به ۵ساله اول داشته است (از ۰/۰۱۰۲ به ۰/۲۷۲۳ رسیده است)، اما نرخ پایداری بُعد اجتماعی در ۵ساله دوم نسبت به دوره اول کمتر شده است (از ۰/۱۲۲۸ به ۰/۰۵۸۲ تنزل یافته است)، ولی به طور کلی نرخ پایداری این دو بُعد مثبت است و حرکت به سمت توسعه پایدار انرژی را نشان می‌دهد و برای بُعد اقتصادی و اجتماعی به ترتیب معادل ۰/۰۸۷۶ و ۰/۱۱۰۹ است. نرخ پایداری بُعد زیست‌محیطی در هر دو دوره ۵ساله منفی بوده است، اما در دوره دوم این نرخ منفی (۰/۰۵۹۵-)، کمتر از نرخ منفی پایداری در دوره نخست (۰/۲۲۸۷-) بوده است و نشان می‌دهد در ۵ساله دوم توجه بیشتری به بُعد زیست‌محیطی صورت گرفته است، اما با این حال، نرخ کلی پایداری بُعد زیست‌محیطی منفی و معادل



تصویر ۶. روند پایداری شاخص کلی توسعه پایدار انرژی (منبع: یافته‌های تحقیق)

۰/۰۹۶۳- به دست آمده است و نشان می‌دهد با وجود توسعه بُعد فنی و توان تولید بیشتر انرژی در داخل، هنوز مشکل زیست‌محیطی تکنولوژی‌های مورداستفاده حل نشده است و تکنولوژی‌های مورداستفاده در تولید انرژی نتوانسته‌اند استانداردهای لازم در کاهش آثار منفی زیست‌محیطی را رعایت کنند.

در بُعد نهادی نیز نتایج نشان داده است در هر دو دوره ۵ساله نرخ پایداری منفی بوده است، اما نرخ پایداری در ۵ساله دوم (۰/۲۳۸۴-) نسبت به ۵ساله اول (۰/۰۶-) وضعیت بدتری را نشان می‌دهد. نرخ پایداری کل در دوره ۱۰ساله برای بُعد نهادی ۰/۰۵۳۴- است. این عدد نشان‌دهنده وابستگی بیشتر به تکنولوژی‌های وارداتی برای تولید داخلی است. به عبارت دیگر با توجه به حرکت بُعد فنی به سمت پایداری و توان تولید داخلی بیشتر، اتکا به تکنولوژی وارداتی برای این تولید بیشتر نیز افزایش یافته است.

پس از محاسبه شاخص توسعه پایدار انرژی برای کل سامانه، نتایج نشان داد سامانه انرژی به توسعه پایدار دست نیافته است، چراکه شاخص محاسباتی برای تمام دوره کمتر از یک به دست آمده است (ردیف آخر جدول شماره ۲). نرخ پایداری شاخص توسعه پایدار انرژی برای دوره ۱۳۸۸-۱۳۸۴ ناپایداری را نشان می‌دهد (۰/۰۲۷۶-) هرچند این نرخ ناپایداری کم است، اما در دوره دوم (۱۳۹۳-۱۳۸۹) این نرخ مثبت و معادل ۰/۰۲۰۸ به دست آمده است و نشان می‌دهد در دوره دوم به طور متوسط حرکت کل سیستم به سمت پایداری بوده است. در کل دوره ۱۰ساله نرخ پایداری مثبت، اما ناچیز و معادل ۰/۰۳۳۴ محاسبه شده است که نشان می‌دهد اگرچه کل سیستم از آغاز اجرای سند چشم‌انداز تا سال ۱۳۹۳ به سمت پایداری حرکت کرده است، اما این حرکت بسیار کُند بوده و در دو بُعد از پنج بُعد مطالعه‌شده (بُعد زیست‌محیطی و بُعد نهادی) حرکت به سمت پایداری صورت نگرفته است.

٤- بحث و نتیجه‌گیری

سند چشم‌انداز ۲۰ساله ایران به طور ضمنی به دنبال دستیابی به اهداف توسعه پایدار است. اجرای این سند از سال ۱۳۸۴ آغاز شده است که در قالب چهار برنامه ۵ساله صورت می‌گیرد که تا کنون دو دوره ۵ساله آن گذشته است. از آنجا که انرژی یکی از پایه‌های اساسی توسعه پایدار محسوب می‌شود، در این پژوهش توسعه پایدار انرژی با درنظرگرفتن سه بُعد اصلی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و دو بُعد مرتبط دیگر (فنی و نهادی) و همچنین لحاظ‌کردن متغیرهای مرتبط با عرضه و تقاضای چرخه انرژی بررسی شده است. برای پایداری کل سیستم پس از نرمال‌سازی شاخص‌های به‌دست‌آمده، برای بُعدهای مختلف از شاخص پایداری ترکیبی توسعه پایدار انرژی که میانگین حسابی پایداری ابعاد مختلف در هر سال است استفاده شده است.

نتایج مختلفی برای ابعاد پایداری برای دو دوره ۵ساله به دست آمد. مشاهده شد که در دوره ۵ساله اول (۱۳۸۸-۱۳۸۴) نرخ پایداری ابعاد فنی، اقتصادی و اجتماعی مثبت، اما ناچیز است (به ترتیب معادل ۰/۰۱۷۷، ۰/۰۱۰۲ و ۰/۱۲۲۸) و در این دوره نرخ پایداری ابعاد زیست‌محیطی، نهادی و توسعه پایدار انرژی منفی (به ترتیب معادل ۰/۲۲۸۷-، ۰/۰۶- و ۰/۰۲۷۶-) است. در دوره ۵ساله دوم (۱۳۹۳-۱۳۸۹) نرخ پایداری توسعه پایدار انرژی بهبود یافته و مثبت شده است و می‌توان گفت به طور کلی سیستم انرژی در مسیر پایداری حرکت

کرده است، اما باید توجه داشت این به این معنی نیست که همه ابعاد بهبود یافته باشند.

در این دوره نرخ پایداری فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی اندکی بهبود یافته است، اما همچنان نرخ پایداری بُعد زیست‌محیطی منفی باقی مانده است؛ بنابراین، ضمن حرکت به سمت توسعه اقتصادی و فنی باید به بُعد زیست‌محیطی توسعه پایدار انرژی بیشتر توجه شود تا فاصله بُعد مربوطه تا رسیدن به پایداری کامل هرچه سریع‌تر کاهش یابد. همچنین در دوره ۵ساله دوم، نرخ پایداری بُعد اجتماعی هرچند مثبت بوده است، اما نسبت به دوره اول کاهش درخورتوجهی داشته است و یکی از دلایل آن می‌تواند سیر صعودی ضریب جینی (به عنوان شاخصی برای برابری درآمد) در دوره دوم باشد؛ بنابراین، لازم است برای دستیابی به اهداف مندرج در سند چشم‌انداز طی دوره ۱۰ساله باقی مانده، دولت با درپیش‌گرفتن سیاست‌های توزیعی مناسب تلاش در مسیر کاهش این نابرابری و دسترسی خانوارها به انرژی پاک را افزایش دهد تا نرخ پایداری این بُعد افزایش یابد. نرخ پایداری بُعد نهادی نیز در دوره دوم معادل ۰/۲۳۸۴- به دست آمد که نشان می‌دهد کشور در بُعد نهادی نسبت به دوره اول وضعیت بدتری را تجربه کرده است. این عدد توان پایین کشور در استفاده از تکنولوژی و دانش داخلی و وابستگی بیشتر به دانش و تکنولوژی وارداتی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران حوزه انرژی در ایران به ارتقای دانش و تکنولوژی داخلی توجه بیشتری کنند و بکوشند در مسیر وابستگی کمتر به دانش و تکنولوژی وارداتی گام بردارند.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت کرده‌اند.

تعارض منافع

بنا به اظهار نویسندگان، در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

References

Afgan, N. H., Carvalho, M. G., & Hovanov, N. V. (2005). Modeling of energy system sustainability index. *Thermal Science, 9*(2), 3-16. [DOI:10.2298/TSCI0502003A]

Angelis-Dimakis, A., Arampatzis, G., & Assimacopoulos, D. (2012). Monitoring the sustainability of the Greek energy system. *Energy for Sustainable Development, 16*(1), 51-6. [DOI:10.1016/j.esd.2011.10.003]

Barimani, M., & Ka'bi Nezhadian, A. (2014). [Renewable energies and sustainable development in Iran (Persian)]. *Renewable and Innovative Energies, 1*(1), 21-6.

Behboodi, D., & Barghi, E. (2009). Energy consumption and economic growth effects on environment in Iran (1967-2004) (Persian)]. *Quarterly Journal of Quantitative Economics, 5*(4), 35-54.

Blumberga, A., Blumberga, D., Bazbauers, G., Zogla, G., & Laicane, I. (2014). Sustainable development modelling for the energy sector. *Journal of Cleaner Production, 63,* 134-42. [DOI:10.1016/j.jclepro.2013.05.020]

Edomah, N. (2016). On the path to sustainability: Key issues on Nigeria's sustainable energy development. *Energy Reports, 2,* 28-34. [DOI:10.1016/j.egyr.2016.01.004]

García-Álvarez, M. T., Moreno, B., & Soares, I. (2016). Analyzing the sustainable energy development in the EU-15 by an aggregated synthetic index. *Ecological Indicators, 60,* 996-1007. [DOI:10.1016/j.ecolind.2015.07.006]

Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. (2015). Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50,* 513-30. [DOI:10.1016/j.rser.2015.05.032]

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2005). *Energy Indicators for sustainable development: Guidelines and Methodologies.* Vienna: IAEA.

Kazemifard, Sh., Naji, L., & Afshar Taremi, F. (2016). [An overview of the role of renewable energy sources in sustainable development (Persian)]. *Enerzhiha-ye Tajdidpazir va No, 4*(1), 34-43.

Kılkış, Ş. (2016). Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities. *Journal of Cleaner Production, 130,* 222-34. [DOI:10.1016/j.jclepro.2015.07.121]

Mayer, A. L. (2008). Strengths and weaknesses of common sustainability indices for multidimensional systems. *Environment International, 34*(2), 277-91. [DOI:10.1016/j.envint.2007.09.004] [PMID]

Mirshojaeian Hosseini, H., & Rahbar, F. (2010). [Causality analysis between pillars of sustainable development in Middle East and North Africa (Persian)]. *Quarterly Energy Economics Review, 7*(25), 63-88.

Mobini Dehkordi, A., Houri Jafari, H., & Hamidi Nezhad, A. (2009). [Study of the status of energy management indicators in iran and the world (Persian)]. *Rahbord Journal, 18*(51), 271-91.

Narula, K., & Reddy, B. S. (2015). Three blind men and an elephant: The case of energy indices to measure energy security and energy sustainability. *Energy, 80,* 148-58. [DOI:10.1016/j.energy.2014.11.055]

Omer, A. M. (2011). Opportunities for sustainable low carbon energy research development and applications. *Low Carbon Economy, 2*(3), 173-9.

Parsa, H., & Sajjadi, S. Z. (2014). [*Calculating sustainability dimensions of sustainable development with emphasis on energy system in Iran (combined indicator approach)* (Persian)]. Paper presented at The Eleventh National Conference on Environmental Impact Assessment, Tehran, Iran, 26-27 February 2014.

Rahimi, N. (2003). [*Indices of sustainable energy development in Iran* (Persian)]. Paper presented at The 4th International Energy Conference, Tehran, Iran, 1 May 2003.

Schlör, H., Fischer, W., & Hake, J. F. (2013). Methods of measuring sustainable development of the German energy sector. *Applied Energy, 101,* 172-181. [DOI:10.1016/j.apenergy.2012.05.010]

Sahabmanesh, A., & Saboohi, Y. (2017). Model of sustainable development of energy system, case of Hamedan. *Energy Policy, 104,* 66-79. [DOI:10.1016/j.enpol.2017.01.039]

Vera, I. A., & Abdalla, K. L. (2005). Energy indicators to assess sustainable development at the national level: acting on the Johannesburg plan of implementation. *Energy Studies Review, 14*(1), 156-72.

Vera, I. A., Langlois, L. M., Rogner, H. H., Jalal, A. I., & Toth, F. L. (2005). *Indicators for sustainable energy development: An initiative by the International Atomic Energy Agency.* Hoboken, New Jersey: Wiley. [DOI:10.1111/j.1477-8947.2005.00140.x]

Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., & Mahmudlu, C. (2017). Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80,* 1153-61. [DOI:10.1016/j.rser.2017.05.168]

Zahedi, Sh., & Najafi, Gh. (2006). Sustainable development, A new conceptual framework. *Human Sciences MODARES, 10*(4), 43-75.

This Page Intentionally Left Blank