دریافت: ۵ فروردین ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: ۸ آذر ۱۴۰۴ صفحات ۶۹ الی ۹۰

تحلیل پویای وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختاری بخش‌های صنعت و کشاورزی

مریم ضیاآبادی[۱]

استادیار گروه گردشگری، اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، مجتمع آموزش عالی بم، بم، ایران
mziaabadi@bam.ac.ir

محمدرضا زارع مهرجردی

استاد گروه اقتصاد کشاورزی، گرایش اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، zare@uk.ac.ir

چکیده: افزایش رشد اقتصادی همراه با بهبود کیفیت محیط‌زیست از اهداف افزایش کارایی و بهره‌وری انرژی است. با توجه به محدودیت منابع انرژی بویژه انرژی‌های تجدیدناپذیر، مصرف بهینه انرژی یک هدف مهم در توسعه اقتصادی و سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی است. از آن‌جایی که بخش صنعت موتور از مصادیق توسعه اقتصادی تلقی شده و بخش کشاورزی از اساسی‌ترین بخش‌های اقتصادی و مسئول تامین غذای کشور است، در این مطالعه رابطه وابستگی و هماهنگی میان معقولیت ساختاری بخش‌های کشاورزی و صنعت و کارایی انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان می دهد در بخش کشاورزی وابستگی چندانی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختاری وجود نداشته است اما هماهنگی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختاری این بخش در وضعیت متوسط می‌باشد. وابستگی میان کارایی انرژی و منطقی بودن ساختاری بخش صنعت در بیشتر سال‌های مورد مطالعه در وضعیت شروع وابستگی بوده اما هماهنگی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختاری این بخش در وضعیت هماهنگی بالا قرار داشته است. با توجه به این که در معقولیت ساختاری، بهره‌وری نیروی کار نیز مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش کارایی انرژی، جذب نیروی متخصص و آموزش دیده به همراه تکنولوژی پیشرفته انرژی اندوز در بخش‌های صنعت و کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، معقولیت ساختاری، صنعت، کشاورزی، ایران.

[۱]. نویسنده مسئول

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

۱. مقدمه

امروزه انرژی یک مسئله فراگیر و استراتژیک است که بر چشم‌انداز سیاسی و اقتصادی بین‌المللی تاثیر می‌گذارد (گانگ و همکاران[1]، ۲۰۲۵) به طوری که گذار جهانی به سوی مصرف بهینه انرژی برای تضمین امنیت انرژی، جلوگیری از تغییرات اقلیمی و تقویت توسعه اقتصادی پایدار بسیار مهم تلقی می شود. مصرف بهینه انرژی پس از شوک بزرگ نفتی در اوایل دهه ۷۰ مورد توجه سیاست-گذاران، برنامه‌ریزان اقتصادی و نیز مصرف کنندگان عمده انرژی قرار گرفت. نقش برجسته انرژی در توسعه و رفاه اقتصادی از یک سو و مصرف فزاینده انرژی و محدودیت منابع انرژی از سوی دیگر، میزان مصرف انرژی را به عنوان یکی از مهمترین مباحث در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های کشور مطرح کرده است. در این میان، کارایی انرژی معیاری برای سنجش مصرف بهینه انرژی در فعالیت‌های اقتصادی و رویکردی مهم برای ارتقای توسعه پایدار است. بسیاری از کشورهای توسعه یافته از طریق نوآوری‌های تکنولوژیکی، تجدید ساختار صنعتی، بکارگیری سیاست‌ها و قوانین محیط‌زیستی، کارایی و بهره‌وری انرژی را به طور قابل توجهی بهبود بخشیده‌اند و سبب کاهش شدت انرژی شده‌اند (زو و همکاران[2]، ۲۰۲۵) اما منابع محور بودن و ساختار تولید مبتنی بر مصرف انرژی در ایران موجب شده است که جزء کشورهای با شدت انرژی بالا محسوب شود. براساس آمارهای بین‌المللی، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های کشاورزی، خانگی، تجاری و عمومی، صنعت و حمل و نقل به ترتیب ۳/۸، ۲/۳، ۱/۷ و ۱/۶ برابر متوسط جهانی است که این امر به دلیل بهره‌وری پائین در بهره‌برداری، مصرف بالای انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی بر می‌باشد (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۲).

میزان مصرف انرژی در ایران در دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۳ از ۸۵۰/۵ به ۱۶۵۷ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته که رشد سالانه آن حدود ۶ درصد بوده است. در حالی که در این مدت تولید ناخالص داخلی به طور متوسط ۱/۸درصد رشد داشته است، بنابراین رشد مصرف انرژی بیش از رشد ارزش

1.Gong et al.
2 . Xu et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

افزوده بوده است. در فرایند توسعه اقتصادی بخش صنعت به عنوان بخش پیشرو کشور قلمداد گردیده و طی سال‌های۱۳۹۹-۱۳۸۳ مصرف نهایی انرژی این بخش از ۱۶۸/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام به ۴۲۱/۲ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. بررسی مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی کشور نیز در دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۳ حاکی از آن است که مقدار مصرف از ۳۲/۲ به ۶۸/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. با این که کاهش شدت مصرف انرژی در برنامه‌های مختلف توسعه مد نظر قرار گرفته است اما همچنان با وجود هدفمندی یارانه‌ها، به دلیل حمایت دولت از بخش کشاورزی در زمینه حامل‌های انرژی، مصرف انرژی در این بخش افزایش یافته است (ترازنامه انرژی، ۱۴۰۲). شایان ذکر است ایران یکی از ده کشور عمده در انتشار دی اکسید کربن در جهان است و سهمی برابر با ۲/۱ درصد در گرمایش جهانی دارد (صیادی و همکاران، ۱۴۰۲).

با توجه به مصرف بالای انرژی در راستای هدف رشد اقتصادی و از آن‌جایی که مصرف انرژی بزرگترین عامل ایجاد گازهای گلخانه‌ای و مشکلات محیط‌زیستی است (نوروزی آورگانی و همکاران، ۱۴۰۲، ضیاآبادی و همکاران، ۲۰۲۱)، در سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی و محیط-زیست و سیاست‌های مربوط به اصلاح الگوی مصرف، موضوع بهره‌وری کل عوامل تولید از جمله انرژی، بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش شدت انرژی و ارتقاء کارایی انرژی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. این در حالی است که کاهش وابستگی رشد و توسعه اقتصادی به منابع انرژی دشوار به نظر می‌رسد زیرا توسعه اقتصادی ارتباط تنگاتنگی با مصرف انرژی دارد. بنابراین تعیین چگونگی رابطه بین کارایی انرژی و ساختار بخش‌های اقتصادی، می‌تواند در تبیین سیاست‌های بخش انرژی مفید و موثر باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی رابطه وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختاری بخش‌های صنعت و کشاورزی در دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۸۳ است. سازماندهی مطالعه به این ترتیب است که در ادامه پیشینه پژوهش بررسی شده تا نوآوری پژوهش نسبت به سایر پژوهش‌ها مشخص شود. در بخش بعد روش‌شناسی پژوهش به تفصیل ارائه خواهد شد و بخش آخر شامل نتایج و بحث و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی خواهد بود.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

۲. پیشینه پژوهش

از آن‌جایی که رشد بخش کشاورزی و صنعت در راستای اهداف رشد و توسعه، از اولویت‌های اقتصادی همه کشورها است و مصرف انرژی نیز از اولویت‌های سیاستی بخش انرژی نظام جمهوری اسلامی ایران است، بررسی وابستگی و هماهنگی بین کارایی انرژی و ساختار این بخش‌ها حائز اهمیت می‌باشد. موتیسیا و یاریم[1] (۲۰۱۴) میزان هماهنگی بین منابع، محیط طبیعی، جامعه و اقتصاد را در کنیا بررسی کرده و نشان دادند برای افزایش درجه هماهنگی، مدیریت محیط طبیعی و مدیریت جامعه باید تقویت شود. گان و زو[2] (۲۰۱۵) به بررسی رابطه وابستگی جفتی (دوگانه) بین کارایی انرژی و ساختار صنعتی در چین پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که وابستگی بین کارایی انرژی و ساختار صنعتی در استان‌های مختلف چین متفاوت است به طوری که در برخی استان‌ها وابستگی جفتی بین بهره‌وری انرژی و ساختار صنعتی پائین و در برخی استان‌ها وابستگی جفتی بین ساختار صنعتی و کارایی انرژی بالا است. فن و همکاران[3](۲۰۱۹) به بررسی هماهنگی میان اقتصاد و محیط زیست چین پرداختند و نشان دادند هماهنگی ضعیفی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست وجود داشته است. ون و ون[4] (۲۰۱۹) نیز برای حمایت از پایداری توسعه، به مدلسازی میزان هماهنگی بین آب منابع، اقتصاد و اکوسیستم در ۱۸ استان کلیدی چین پرداختند. ونگ و همکاران[5] (۲۰۲۱) به بررسی رابطه وابستگی بهره‌وری انرژی و ساختار صنایع در نواحی شهری چین پرداختند. آن‌ها ضمن تاکید بر درک تعاملات کارایی انرژی و ساختار صنعتی، نشان دادند پیشرفت صنعتی در استان‌های مختلف متفاوت و وابستگی میان کارایی انرژی و ساختار صنعتی در استان‌های چین در سطح بالایی قرار دارد، با این وجود لازم است کارایی انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌ها مورد توجه

[1] . Mutisya & Yarime
[2]. Guan & Xu
[3] . Fan et al.
[4] . Wen & Wen
[5] . Wang et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

ویژه قرار گیرد. لو و همکاران[1] (۲۰۲۱) به بررسی رابطه بین شهرنشینی و کارایی محیط‌زیستی انرژی در ۲۸۱ شهر چین پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش هماهنگی دوگانه نشان دادند تقریبا در همه شهرهای چین این هماهنگی در راستای توسعه و با روند افزایشی همراه بوده است. یو و گانگ[2] (۲۰۲۲) در مطالعه خود با استفاده از سیستم شاخص‌های مربوطه، هماهنگی میان اقتصاد انرژی و محیط زیست را بررسی کردند و نتیجه گرفتند در استان‌های شمال شرقی چین عدم هماهنگی میان اقتصاد، انرژی و محیط زیست وجود داشته اما روند عدم هماهنگی کاهشی بوده است. زو و ژانگ[3] (۲۰۲۲) در مطالعه خود به پیش‌بینی هماهنگی میان اقتصاد انرژی و محیط زیست پرداختند. نتایج حاکی از آن است که شبکه عصبی در پیش بینی مدل‌های هماهنگی از دقت بالایی برخوردار بوده است. وانگ و همکاران [4] (۲۰۲۲) درجه وابستگی و میزان هماهنگی میان منابع آب، اقتصاد و اکوسیستم در پکن را مدلسازی کردند و نشان دادند توسعه هماهنگ میان این عوامل وجود نداشته است. ژانگ و همکاران[5] (۲۰۲۲) هماهنگی آب-اقتصاد و جامعه- محیط زیست در چین را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند برای تقویت مدیریت کلان منابع طبیعی و نظام اقتصادی بررسی هماهنگی میان همه اجزا ضروری است. لو و همکاران[6] (۲۰۲۲) به صورت تجربی هماهنگی میان آب، انرژی و غذا را با استفاده از مدل وابستگی دوگانه بررسی کردند. ونگ و همکاران[7] (۲۰۲۳) وابستگی دوگانه بین رشد اقتصادی و انتشار دی اکسید کربن در چین را بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از شاخص وابستگی نشان دادند که با افزایش رشد اقتصادی، نرخ رشد انتشار دی اکسید کربن کاهش یافته و وابستگی در مراحل مختلف توسعه اقتصادی متفاوت بوده است. چنگ و همکاران[8] (۲۰۲۳) به ارزیابی هماهنگی جفتی سیستم های غذا-آب-انرژی در چین بر اساس اهداف توسعه پایدار

[1] . Liu et al.
[2] . Yu & Gong
[3] . Xu & Zhang
[4] . Wang et al.
[5] . Zhang et al.
[6] . Luo et al.
[7] . Wang et al.
[8] . Cheng et al.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

پرداختند. آن‌ها نشان دادند که برای ارتقای توسعه هماهنگ منابع، روند افزایشی هماهنگی در طول زمان ضرورت دارد و بهبود بهره‌وری استفاده از آب و انرژی به ترویج توسعه پایدار کمک می‌کند. لوان و همکارن[1] (۲۰۲۴) در مطالعه خود نشان دادند به دلیل فناوری‌های پیشرفته، میانگین بهره‌وری انرژی در بخش کشاورزی چین، پتانسیل بهبود ۱۵ درصدی را دارد. گانگ و همکاران[2] (۲۰۲۵) کارایی انرژی در بخش کشاورزی چین را بررسی کرده و نتیجه گرفتند کارایی انرژی در بخش کشاورزی این کشور الگویی تکاملی را پیموده است. نومن و همکاران[3] (۲۰۲۵) کارایی و بهره‌وری انرژی را از ابزارهای مهم تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری در زمینه رشد اقتصادی و آلودگی محیط-زیست دانسته‌اند.

دل‌انگیزان و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند ارتقاء رشد بهره‌وری، شدت مصرف انرژی را کاهش خواهد داد و تغییرات ساختاری با انتقال عوامل از بخش‌های با بهره‌وری پائین به سمت بخش‌های با بهره‌وری بالا می‌تواند بر سرعت رشد بیافزاید. لطفی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای عوامل موثر بر شدت انرژی را برای سه بخش صنعت، حمل و نقل و کشاورزی بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد اثر جانشینی نیروی کار با انرژی، بیشترین سهم و عامل تغییرات کارایی فنی کمترین سهم را در توضیح شدت انرژی داشته‌اند. صادقی و همکاران (۱۳۹۷) عملکرد استان‌های ایران را با استفاده از تحلیل شاخص تجزیه مصرف انرژی بررسی کردند. نتایج نشان داد در رتبه‌بندی اثر شدت سیستان و بلوچستان با رتبه ۱ کمترین توان صرفه‌جویی و تهران با رتبه ۱۶ بیشترین توان صرفه‌جویی را دارند. جهانگرد و همکاران (۱۳۹۹) به تجزیه و تحلیل بهره‌وری انرژی ایران پرداختند. نتایج بدست آمده از تغییرات ارزش افزوده نشان‌دهنده کاهش بهره‌وری انرژی در بخش‌های کشاورزی، صنعت، برق، حمل ونقل و خدمات بوده است. آماده و هاشمی (۱۳۹۹) با استفاده از شاخص جداسازی، به تحلیل ارتباط بین رشد تولید ناخالص داخلی و مصرف انرژی در بخش کشاورزی پرداختند. نتایج نشان داد از بین عوامل، اثر فعالیت و ساختاری به ترتیب بیشترین سهم و اثر

[1] . Luan et al.
[2] . Gong et al.
[3] . Naumann et al

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

شدت انرژی، کمترین سهم را در توضیح تغییرات مصرف انـرژی ایـن بخـش داشـته‌انـد. هاشـمی و آمـاده (۱۳۹۹) به تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های صنعت و حمل و نقل با شاخص دیویژیا و جداسازی پرداختند. نتـایج نشان داد اثر ساختاری در توضیح تغییرات مصرف انرژی و در توضـیح روند جداسازی مصرف انرژی از رشد تولید ناخـالص داخلـی بیشـترین سهم را دارد. نقوی (۱۴۰۱) با استفاده از شاخص جداسازی به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد تولید بخش صنعت و کشاورزی پرداخت. ایشان در مطالعه خود نشان داد در بخش صنعت اثر شدت و در بخش کشاورزی اثر تولیدی بیشترین نقش را در تجزیه انرژی داشته‌اند. بهمنی و همکاران (۱۴۰۳) تکنولوژی، قیمت حامل‌های انرژی و ارزش افزوده بخش صنعت را، از مهمترین عوامل موثر بر مصرف انرژی در ایران بیان کرده‌اند. تهرانچیان و خباز (۱۴۰۴) در مطالعه خود نشان دادند افزایش و یا کاهش کارایی و بهره‌وری انرژی به ترتیب سبب افزایش و یا کاهش تاب آوری اکولوژیک بوده است. راسخی و قنبرتبار (۱۴۰۴) نشان دادند جهانی شدن در هر سه بعد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی موجب بهبود جداسازی رشد اقتصادی از مصرف انرژی شده است.

با توجه به مروری بر مطالعات پیشین مشخص شد تا کنون در ایران در زمینه بررسی رابطه میان کارایی انرژی و ساختار بخش‌های اقتصادی از جمله بخش صنعت و کشاورزی مطالعه‌ای صورت نگرفته است. بنابراین جنبه نوآوری پژوهش حاضر در معرفی شاخص معقولیت ساختاری، معرفی شاخص‌های وابستگی و هماهنگی و کاربرد این شاخص‌ها در اندازه‌گیری هماهنگی میان شاخص معقولیت ساختاری و کارایی انرژی در بخش‌های صنعت و کشاورزی می‌باشد.

۳. روش پژوهش

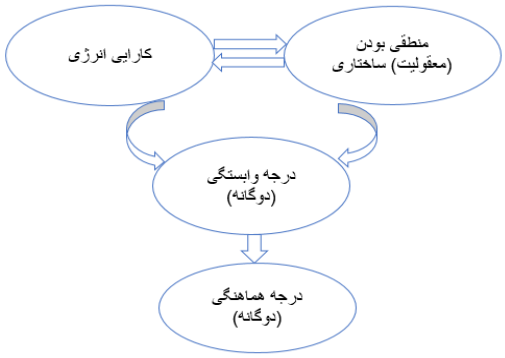
از اوایل دهه ۱۹۸۰ از روش‌های تجزیه یا مجزاسازی، برای ارزیابی و بررسی سیاست‌های انرژی و کمی کردن اثر تغییرات ساختاری، شدت انرژی و تغییر در حجم فعالیت بخش‌های مختلف اقتصادی،

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

استفاده شده است (ژانگ[1]، ۲۰۰۰). الگوی تجزیه که جنبه ریاضی و محاسباتی داشته، به طور گسترده‌ای در تحلیل‌های عددی و تفکیک اجزاء و عوامل تغییر در یک متغیر مورد استفاده قرار گرفته است. در تجزیه و تحلیل سهم اثرها در مصرف انرژی نیز از رویکرد تحلیل تجزیه ساختاری و رویکرد تحلیل تجزیه استفاده شده که در مطالعات متعددی از جمله انگ و همکاران[2] (۲۰۰۵)، تاپیو [3](۲۰۰۵)، لو و همکاران [4](۲۰۱۷)، آماده و هاشمی (۱۳۹۸) و فطرس و براتی (۱۳۹۰) مورد استفاده قرار گرفته است. مفهوم جداسازی عوامل یک اصطلاح کلی است و شامل همه فعالیت‌هایی است که به طور مستقیم و غیر مستقیم باعث کاهش مصرف انرژی می‌شوند. این فعالیت‌ها شامل اقدامات حرکت به سمت فعالیت‌هایی با مصرف انرژی کمتر، افزایش بهره‌وری انرژی و تغییر الگوی مصرف انرژی است (آماده و هاشمی، ۱۳۹۸). هکن[5] (۱۹۸۳) از شاخص وابستگی دوگانه برای نشان دادن ارتباط و تعامل میان دو یا چند عنصر مدار در علم فیزیک استفاده کرده است که این مفهوم توسط لی و همکاران (۲۰۱۲)، گان و همکاران (۲۰۱۱) و برای نشان دادن وابستگی میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست استفاده شده است. ونگ و همکاران (۲۰۲۱) و گان و زو[6] (۲۰۱۵) نیز از شاخص وابستگی و شاخص هماهنگی برای نشان دادن ارتباط میان ساختار بخش‌های اقتصادی و کارایی انرژی استفاده کردند که در مطالعه حاضر نیز بر اساس مطالعات مذکور و بر پایه مدل مفهومی شکل (۱) اقدام به بررسی وابستگی جفتی و هماهنگی جفتی شده است.

[1]. Zhang
[2]. Ang et al.
[3]. Tapio
[4]. Lou et al.
[5]. Haken
[6]. Guan & Xu

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]



شکل (۱): مدل مفهومی پژوهش

۱-۳. معقولیت ساختاری

منطقی بودن یا معقولیت ساختاری، به تخصیص بهینه منابع تولید و تعادل ساختار عرضه و تقاضا در میان بخش‌های مختلف اقتصادی اشاره دارد. منطقی بودن ساختار بخش‌های اقتصادی نشان‌دهنده هماهنگی میان عوامل ورودی و عوامل خروجی است. هماهنگی و تعادل میان ارزش ایجاد شده و اشتغال آن بخش در ساختار اقتصاد یک کشور، منطقی بودن یا معقولیت ساختاری بخش را نشان می‌دهد (ونگ و همکاران، ۲۰۲۱). زمانی که ارزش افزوده تولید شده توسط هر واحد نیروی کار در همه بخش‌های اقتصادی یکسان باشد منطقی بودن ساختار بخش‌های اقتصادی به بالاترین سطح می‌رسد. گان و همکاران (۲۰۱۵) با باز تعریف شاخص تایل، معقولیت ساختار صنایع و بخش‌های اقتصادی را اندازه‌گیری کردند. این شاخص نه تنها اهمیت نسبی بخش اقتصادی مورد نظر را اندازه‌گیری می‌کند بلکه درجه انحراف ساختار بخش را نیز نشان می‌دهد.

$$Rd = 1 - T = 1 - \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Y_i}{Y}\right) ln \left(\frac{\frac{Y_i}{L_i}}{\frac{Y}{L}} \right) \qquad (۱)$$

در این شاخص Y نشان دهنده تولید ناخالص داخلی، Y_i ارزش ارزش افزوده بخش iام، L مجموع کل افراد شاغل، L_i افراد شاغل در بخش i ام، n تعداد بخش های مورد مطالعه، T شاخص تایل و Rd معقولیت یا منطقی بودن ساختار بخش‌های اقتصادی. هر چه شاخص Rd بزرگتر باشد نشان می‌دهد انحراف ساختار بخش کمتر و معقولیت ساختاری آن بخش بیشتر است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

۲-۳. شاخص درجه وابستگی بخش‌های اقتصادی

درجه وابستگی مقیاسی برای اندازه‌گیری تعاملات درون سیستم و شاخصی برای نشان دادن بی نظمی درون سیستم یا بخش‌های اقتصادی است به عبارت دیگر با این شاخص می‌توان تعامل و یا عدم تعامل بین دو یا چند عامل درون یک سیستم را نشان داد (لی و همکاران، ۲۰۱۲). بر اساس مطالعه سانگ و ژنگ[1] (۲۰۱۲) شدت انرژی، میزان مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید یا ارزش را نشان می‌دهد که معیار مناسبی برای تعیین روند کارایی یا بهره‌وری انرژی است و اثر شدت انرژی، تغییرات مصرف انرژی را به ازاء تغییر شدت انرژی اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین شدت مصرف انرژی که به صورت نسبت انرژی مصرفی بخش iام به ارزش افزوده آن بخش محاسبه می‌شود، بیانگر کارایی مصرف انرژی است و تغییرات آن ناشی از دو منبع تغییر در کارایی مصرف انرژی و تغییر در ترکیب تولید می‌باشد. ساختار بخش iام نیز به وسیله دو شاخص سهم بخش iام در اقتصاد و شاخص معقولیت ساختار بخشی، اندازه‌گیری و مورد استفاده قرار گرفته است. برای بررسی رابطه وابستگی دوگانه (جفتی) میان ساختار بخش‌های اقتصادی و کارایی انرژی از شاخص وابستگی به صورت رابطه (۲) استفاده شده است.

$$CP = \left[\frac{E*S}{\left(\frac{E+S}{2}\right)^2}\right]^k \qquad (۲)$$

CP درجه وابستگی (جفتی-دوگانه)، E نشان دهنده کارایی انرژی و S شاخص ساختار بخش iام است. k نشان‌دهنده تعداد متغیرهایی که رابطه وابستگی آن‌ها در حال بررسی است بنابراین در این مطالعه $k = 2$ در نظر گرفته شده است (ونگ و همکاران، ۲۰۲۱). هر چه ساختار بخش‌های اقتصادی از معقولیت بیشتری برخوردار باشد و تخصیص منابع و عوامل تولید به صورت بهینه‌تری انجام شده باشد، درجه وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش مورد نظر بیشتر خواهد بود.

[1] . Song & Zheng

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

۳-۳. شاخص درجه هماهنگی بخش‌های اقتصادی

شاخص درجه وابستگی (جفتی-دوگانه) با این که نشان‌دهنده وابستگی و تعامل میان کارایی انرژی و ساختار بخش‌های اقتصادی است اما ممکن است در مراحل مختلف توسعه و زمانی که بازده انرژی و ساختار هر دو در شرایط ارزش پائین یا ارزش بالا قرار گرفته باشند نتواند بخوبی واقعیت اقتصاد را نشان دهد، در نتیجه برای افزایش دقت نتایج در مطالعات ونگ و همکاران (۲۰۲۱) و ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) شاخص درجه هماهنگی مورد استفاده قرار گرفته است.

$$\delta = \alpha E + \beta S \quad (۳)$$

$$CR = \sqrt{CP \times \delta} \quad (۴)$$

δ شاخص ارزیابی جامع کارایی انرژی و CR درجه هماهنگی میان بهره وری انرژی و ساختار بخش iام، هر چه CR بزرگتر باشد نشان‌دهنده هماهنگی بیشتر میان کارایی انرژی و ساختار بخش‌های اقتصادی است.

α و β وزن فاکتورهای مورد بررسی می‌باشند که بر اساس مطالعات ژانگ و همکاران (۲۰۲۱) و وانگ و همکاران (۲۰۲۱)، $\alpha = \beta = 0.5$ در نظر گرفته شده است.

جدول (۱): تقسیم بندی استاندارد وضعیت وابستگی و هماهنگی

درجه وابستگی CP	وضعیت وابستگی	درجه هماهنگی CR	وضعیت هماهنگی
$0 \leq CP \leq 0.3$	عدم وابستگی	$0 \leq CR \leq 0.3$	هماهنگی دوگانه پائین
$0.3 < CP \leq 0.5$	برانگیختگی	$0.3 < CR \leq 0.5$	هماهنگی دوگانه متوسط
$0.5 < CP \leq 0.8$	شروع وابستگی	$0.5 < CR \leq 0.8$	هماهنگی دوگانه بالا
$0.8 < CP \leq 1$	وابستگی بالا	$0.8 < CR \leq 1$	هماهنگی دوگانه قوی

در این مطالعه ابتدا معقولیت یا منطقی بودن ساختار بخش صنعت و بخش کشاورزی اندازه‌گیری شده و سپس وابستگی میان معقولیت ساختاری بخش‌های مذکور و کارایی انرژی محاسبه گردید. سرانجام هماهنگی دوگانه یا جفتی میان ساختار بخش‌های کشاورزی و صنعت و کارایی انرژی محاسبه و تحلیل شده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

۴. یافته‌های پژوهش

در این مطالعه در گام اول وابستگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش صنعت و کشاورزی (سهم بخش صنعت و کشاورزی در اقتصاد) اندازه‌گیری و سپس هماهنگی یا تعامل میان آن دو تعیین گردید. در گام دوم ابتدا شاخص معقولیت ساختاری بخش‌های صنعت و کشاورزی محاسبه گردید و سپس رابطه میان شاخص معقولیت ساختاری و کارایی انرژی در بخش‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۲): تعیین وضعیت وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش صنعت با استفاده از شاخص سهم بخش صنعت در اقتصاد

سال	درجه وابستگی با استفاده از سهم بخش صنعت در اقتصاد	وضعیت وابستگی (CP)	درجه هماهنگی	وضعیت هماهنگی (CR)
۱۳۸۳	۰/۴۶۲۸۳۲	برانگیختگی	۰/۳۲۱۱۱۷	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۴	۰/۴۹۸۶۷۵	برانگیختگی	۰/۳۳۳۷۰۱	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۵	۰/۵۲۴۸۷۶	شروع وابستگی	۰/۳۴۰۸۱۴	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۶	۰/۴۰۵۶۶۳	برانگیختگی	۰/۳۱۹۵۹۲	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۷	۰/۴۰۷۹۶۸	برانگیختگی	۰/۳۲۵۸۵۵	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۸	۰/۴۷۰۱۹۱	برانگیختگی	۰/۳۴۵۴۵۴	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۹	۰/۵۰۲۹۶۶	شروع وابستگی	۰/۳۵۷۰۹۴	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۰	۰/۵۳۱۸۵۳	شروع وابستگی	۰/۳۶۵۷۴	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۱	۰/۵۱۰۰۵۷	شروع وابستگی	۰/۳۷۰۵۸۵	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۲	۰/۴۴۴۱۸۲	برانگیختگی	۰/۳۵۲۷۲۱	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۳	۰/۴۸۴۷۴۲	برانگیختگی	۰/۳۶۶۳۴۸	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۴	۰/۴۶۸۵۲۵	برانگیختگی	۰/۳۵۸۵۶۱	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۵	۰/۴۴۵۱۸۵	برانگیختگی	۰/۳۴۶۲۵۶	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۶	۰/۵۰۱۷۲۴	شروع وابستگی	۰/۳۶۲۸۹	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۷	۰/۵۰۱۷۳۲	شروع وابستگی	۰/۳۷۳۱۴۲	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۸	۰/۴۸۶۸۱۱	برانگیختگی	۰/۳۷۴۲۳۶	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۹	۰/۴۸۷۹۸۶	برانگیختگی	۰/۳۷۷۳۵	هماهنگی دوگانه متوسط

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد وابستگی میان شاخص ساختار بخش صنعت و کارایی انرژی در دوره‌های مختلف، یکسان نبوده به طوری که برخی دوره‌ها این وابستگی در وضعیت برانگیختگی و در برخی دیگر در وضعیت شروع وابستگی بوده است. بنابراین در دوره مورد مطالعه وابستگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش صنعت در سطح پائینی قرار داشته است. علی‌رغم مصرف بالای انرژی در بخش صنعت و حتی افزایش شدت مصرف انرژی در این بخش، میان ساختار صنعتی و کارایی انرژی، وابستگی چندانی دیده نشده که نشان‌دهنده عدم کارایی مصرف انرژی است. برای افزایش دقت و بهبود نتایج در همین دوره زمانی با استفاده از شاخص هماهنگی دوگانه، تعامل میان کارایی انرژی و ساختار صنعتی نیز محاسبه گردید. نتایج شاخص هماهنگی دوگانه نشان داد تعامل میان کارایی انرژی و ساختار بخش صنعت در وضعیت متوسط قرار داشته است. در مرحله بعد شاخص معقولیت ساختار صنعتی اندازه‌گیری شد و سپس وابستگی دوگانه و هماهنگی میان کارایی انرژی و معقولیت ساختار صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. شایان ذکر است شاخص معقولیت ساختاری در فاصله صفر تا یک قابل تغییر است که هر چه شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده وضعیت بهتر و معقولیت بالاتر و هر چه به صفر نزدیکتر باشد حاکی از وضعیت غیرمنطقی خواهد بود.

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد با در نظر گرفتن شاخص معقولیت ساختار صنعت، که در آن بهره‌وری نیروی کار نیز در نظر گرفته شده، وابستگی میان ساختار صنعتی و کارایی انرژی در وضعیت شروع وابستگی است اما وضعیت شاخص هماهنگی و تعامل حاکی از سطح هماهنگی بالا قرار دارد که نشان می‌دهد رشد بخش صنعت، وابسته به شدت مصرف انرژی در این بخش بوده است.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

جدول (۳): معقولیت ساختار بخش صنعت و تعیین وضعیت وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش صنعت با استفاده از شاخص معقولیت صنعتی

سال	Rdمعقولیت ساختار صنعتی	درجه وابستگی با استفاده از شاخص معقولیت صنعتی	وضعیت وابستگی (CP)	درجه هماهنگی	وضعیت هماهنگی (CR)
۱۳۸۳	۰/۸۸۸۸۷۱	۰/۶۵۵۳۷۳۴۹۵	شروع وابستگی	۰/۶۳۶۸۳۲۷۳۸	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۴	۰/۸۸۸۶۸۸	۰/۶۴۸۲۰۵۳۷۶	شروع وابستگی	۰/۶۳۲۱۶۳۵۴	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۵	۰/۸۸۳۹۳۳	۰/۶۳۹۷۰۱۰۶۶	شروع وابستگی	۰/۶۲۵۰۲۹۷۲۵	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۶	۰/۸۸۳۴۵۵	۰/۷۴۱۱۷۵۷۴۲	شروع وابستگی	۰/۶۹۰۶۰۰۷۸۶	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۷	۰/۸۸۲۲۶	۰/۷۵۹۵۹۴۵۴۴	شروع وابستگی	۰/۷۰۲۳۸۴۴۲۴	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۸	۰/۸۸۳۱۷۹	۰/۷۳۱۰۷۸۴۷۱	شروع وابستگی	۰/۶۸۳۸۳۱۷۶۵	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۸۹	۰/۸۸۱۵۵۴	۰/۷۲۳۸۰۰۲۶۳	شروع وابستگی	۰/۶۷۸۴۲۷۹۱۹	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۰	۰/۸۷۸۴۹۲	۰/۷۱۴۳۱۹۱۷۸	شروع وابستگی	۰/۶۷۱۰۶۵۵۲	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۱	۰/۸۷۷۹۸	۰/۷۵۷۶۳۷۱۵۷	شروع وابستگی	۰/۶۹۹۳۷۲۸۷۲	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۲	۰/۸۷۷۶۰۳	۰/۷۹۳۷۶۵۴۵۷	شروع وابستگی	۰/۷۲۳۶۵۰۲۰۳	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۳	۰/۸۷۵۸۰۴	۰/۷۷۹۸۱۵۴۶۶	شروع وابستگی	۰/۷۱۳۳۹۷۴۱۹	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۴	۰/۸۸۰۳۳	۰/۷۷۵۹۰۵۹۶۹	شروع وابستگی	۰/۷۱۲۵۸۷۵۴۱	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۵	۰/۸۸۲۷۶۸	۰/۷۶۹۵۳۹۲۴۸	شروع وابستگی	۰/۷۰۹۲۶۸۳۷۵	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۶	۰/۸۸۲۱۶۶	۰/۷۴۲۹۸۰۲۱۳	شروع وابستگی	۰/۶۹۱۲۹۰۳۷۵	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۷	۰/۸۸۲۵۲۵	۰/۷۷۳۱۱۴۳۶۴	شروع وابستگی	۰/۷۱۱۵۸۵۳۴۷	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۸	۰/۸۷۸۰۸۹	۰/۸۱۳۳۶۳۶۶۲	وابستگی بالا	۰/۷۳۷۴۵۵۷۰۸	هماهنگی دوگانه بالا
۱۳۹۹	۰/۸۷۷۶۰۳	۰/۸۰۴۵۵۵۰۵۱	وابستگی بالا	۰/۷۳۱۱۰۲۷۸۴	هماهنگی دوگانه بالا

در جدول (۴) نتایج شاخص وابستگی و هماهنگی دوگانه بخش کشاورزی میان ساختار این بخش و کارایی انرژی آن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن سهم بخش کشاورزی در اقتصاد به عنوان شاخص ساختار کشاورزی، وابستگی دوگانه میان ساختار بخش و کارایی انرژی در وضعیت شروع وابستگی و وابستگی بالا قرار گرفته است. این وابستگی بدین معناست که رشد بخش کشاورزی، به شدت مصرف انرژی در این بخش وابسته است. اما نتایج شاخص هماهنگی دوگانه در همین دوره زمانی از تعامل و هماهنگی پائین و متوسط، میان کارایی انرژی و ساختار کشاورزی ایران حکایت دارد.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

جدول (۴): تعیین وضعیت وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش کشاورزی با استفاده از شاخص سهم بخش کشاورزی در اقتصاد

سال	درجه وابستگی با استفاده از سهم بخش کشاورزی در اقتصاد	وضعیت وابستگی (CP)	درجه هماهنگی	وضعیت هماهنگی (CR)
۱۳۸۳	۰/۸۰۴۸۵	وابستگی بالا	۰/۲۶۱۸۵۳	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۴	۰/۸۶۷۰۳۶	وابستگی بالا	۰/۲۶۸۳۵۲	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۵	۰/۸۵۶۵۵۹	وابستگی بالا	۰/۲۷۰۱۶۱	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۶	۰/۸۳۹۴۸۵	وابستگی بالا	۰/۲۶۵۲۲۱	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۷	۰/۵۴۲۸۲۲	شروع وابستگی	۰/۲۳۱۴۴	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۸	۰/۵۹۲۱۲۱	شروع وابستگی	۰/۲۴۱۰۷۸	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۹	۰/۶۳۳۶۷۶	شروع وابستگی	۰/۲۴۶۹۱	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۰	۰/۶۴۹۸۹۵	شروع وابستگی	۰/۲۴۷۷۹۶	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۱	۰/۷۲۶۶۵۶	شروع وابستگی	۰/۲۶۶۱۸۱	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۲	۰/۷۵۱۲۲۱	شروع وابستگی	۰/۲۷۲۳۹۲	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۳	۰/۷۸۹۲۴۴	شروع وابستگی	۰/۲۷۶۱۲۷	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۴	۰/۸۴۸۱۲۱	وابستگی بالا	۰/۲۸۶۵۰۵	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۵	۰/۸۰۱۱۷۹	وابستگی بالا	۰/۲۷۵۰۴۹	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۶	۰/۷۸۳۰۵۱	شروع وابستگی	۰/۲۷۲۰۸۹	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۷	۰/۷۸۲۵۵۲	شروع وابستگی	۰/۲۷۹۷۷۴	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۸	۰/۹۱۷۲۰۹	وابستگی بالا	۰/۳۰۱۹۷۸	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۹	۰/۷۹۸۹۲۸	شروع وابستگی	۰/۲۸۵۳۷۶	هماهنگی دوگانه پائین

نتایج وابستگی و هماهنگی میان معقولیت ساختار بخش کشاورزی و کارایی انرژی در جدول (۵) گزارش شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بخش کشاورزی از معقولیت ساختاری بالایی برخوردار بوده است (شاخص Rd). به عبارت دیگر معقولیت بخش کشاورزی با توجه به بهره‌وری نیروی کار نسبت به بخش صنعت از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است که نشان می‌دهد بهره‌وری نیروی کار در بخش کشاورزی بالاتر از بخش صنعت بوده است.

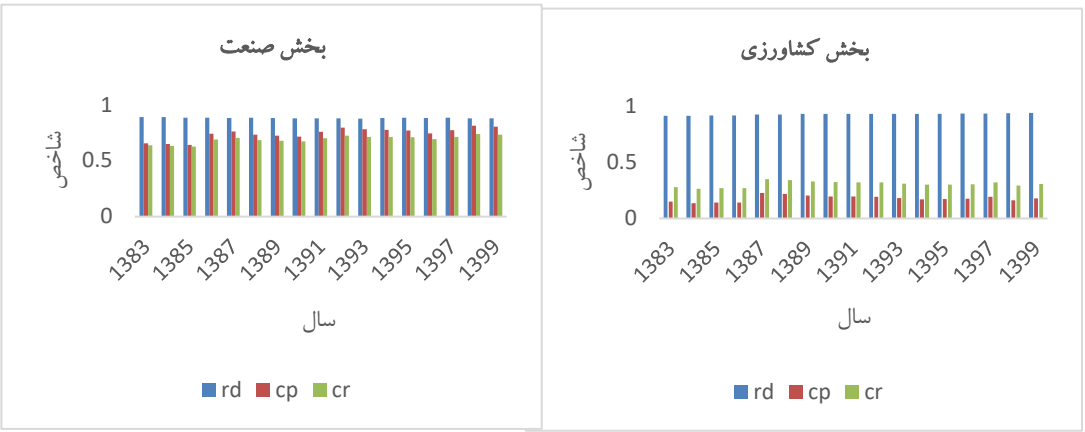
[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

جدول (۵): معقولیت ساختار بخش کشاورزی و تعیین وضعیت وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار بخش کشاورزی با استفاده از شاخص معقولیت ساختاری این بخش

سال	معقولیت ساختار کشاورزیRd	درجه وابستگی با استفاده از شاخص معقولیت کشاورزی	وضعیت وابستگی (CP)	درجه هماهنگی	وضعیت هماهنگی (CR)
۱۳۸۳	۰/۹۱۶۱۳۷	۰/۱۵۱۸۴۱۷۵۲	عدم وابستگی	۰/۲۷۹۴۵۷۰۵۶	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۴	۰/۹۱۴۴۶۳	۰/۱۳۶۲۵۶۹۰۴	عدم وابستگی	۰/۲۶۳۵۲۲۶۵۷	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۵	۰/۹۱۸۲۵۳	۰/۱۴۲۸۳۳۶۰۶	عدم وابستگی	۰/۲۷۰۷۸۵۹۹۶	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۶	۰/۹۲۰۰۲۹	۰/۱۴۱۵۲۲۰۵۶	عدم وابستگی	۰/۲۶۹۷۱۷۴۲۷	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۸۷	۰/۹۲۸۶۵۵	۰/۲۲۷۸۰۸۱۵۵	عدم وابستگی	۰/۳۵۰۴۰۵۵۹۱	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۸	۰/۹۲۸۱۵	۰/۲۱۹۱۱۰۶۷۷	عدم وابستگی	۰/۳۴۲۹۲۸۱۸۸	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۸۹	۰/۹۳۱۷۹۳	۰/۲۰۵۵۸۸۴۶۲	عدم وابستگی	۰/۳۳۱۸۷۱۸۹۷	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۰	۰/۹۳۲۸۹۷	۰/۱۹۷۴۶۶۸۱۵	عدم وابستگی	۰/۳۲۴۸۷۴۶۹۸	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۱	۰/۹۳۲۴۶۶	۰/۱۹۵۱۸۳۶۸	عدم وابستگی	۰/۳۲۲۷۵۶۸۵	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۲	۰/۹۳۳۰۴۶	۰/۱۹۴۷۱۴۲۶۴	عدم وابستگی	۰/۳۲۲۴۳۹۲۹	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۳	۰/۹۳۴۲۰۳	۰/۱۸۱۵۹۶۱۳۱	عدم وابستگی	۰/۳۱۰۶۸۶۲۲	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۴	۰/۹۳۳۷۴۹	۰/۱۷۱۳۵۱۷۶۸	عدم وابستگی	۰/۳۰۱۰۳۷۴۳۲	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۵	۰/۹۳۳۸۹۶	۰/۱۷۳۴۵۱۵۸۷	عدم وابستگی	۰/۳۰۳۰۴۲۰۳۳	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۶	۰/۹۳۵۳۶۵	۰/۱۷۶۴۴۴۱۴۶	عدم وابستگی	۰/۳۰۶۰۸۸۸۷	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۷	۰/۹۳۴۹۲۹	۰/۱۹۲۳۴۷۷۱۹	عدم وابستگی	۰/۳۲۰۶۲۹۰۳۲	هماهنگی دوگانه متوسط
۱۳۹۸	۰/۹۳۷۷۵۲	۰/۱۶۱۵۷۶۸۰۵	عدم وابستگی	۰/۲۹۲۳۰۷۰۰۶	هماهنگی دوگانه پائین
۱۳۹۹	۰/۹۴۱۲۶۹	۰/۱۷۸۳۷۹۵۳۴	عدم وابستگی	۰/۳۰۸۸۶۵۱۴۲	هماهنگی دوگانه متوسط

با در نظر گرفتن شاخص معقولیت ساختاری به عنوان شاخص ساختار بخش کشاورزی، وابستگی دوگانه میان ساختار و کارایی انرژی اندازه‌گیری و وضعیت عدم وابستگی نشان داده شد. در همین دوره شاخص هماهنگی دوگانه، تعامل در وضعیت پائین و متوسط را نشان می‌دهد، بنابراین هماهنگی قابل قبولی بین شدت مصرف انرژی و معقولیت ساختاری بخش کشاورزی ایران وجود نداشته است(شکل ۲).

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]



شکل (۲): شاخص معقولیت ساختاری، درجه وابستگی و هماهنگی بخش کشاورزی و بخش صنعت

۵. نتیجه‌گیری

آگاهی از میزان رشد مصرف انرژی و رابطه میان ساختار بخش‌های اقتصادی با کارایی انرژی می‌تواند برای رسیدن به رشد اقتصادی بالاتر، افزایش رفاه جامعه و بهینه‌سازی مصرف انرژی مفید واقع شود. بخصوص این‌که امروزه همه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به انرژی به عنوان یکی از مهمترین عوامل رشد اقتصادی و کسب مزیت رقابتی توجه ویژه دارند. مطالعه رابطه دوگانه (جفتی) میان کارایی انرژی و ساختار صنعتی و کشاورزی مسیر جدیدی را برای تجدید ساختار بخش‌های اقتصادی فراهم می‌کند.

در این مطالعه بر اساس آمارهای اقتصادی مربوط به بخش کشاورزی و بخش صنعت، سهم این بخش‌ها در اقتصاد محاسبه و سپس معقولیت ساختاری بخش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد با کمک شاخص CP و CR وابستگی و هماهنگی میان کارایی انرژی و ساختار صنعت و کشاورزی محاسبه و تحلیل شده است. نتایج شاخص وابستگی کارایی انرژی و معقولیت ساختاری در بخش‌های صنعت و کشاورزی نشان می‌دهد وضعیت وابستگی در بخش کشاورزی در سطح عدم وابستگی و در بخش صنعت در وضعیت شروع وابستگی است در حالی که وضعیت شاخص هماهنگی در بخش

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

کشاورزی در مرحله هماهنگی متوسط و پائین و در بخش صنعت در وضعیت هماهنگی بالا می‌باشد که نتایج بدست آمده، با نتایج مطالعات لطفی و همکاران (۱۳۹۷)، جهانگرد و همکاران (۱۳۹۹)، گان و زو (۲۰۱۵) و ونگ و همکاران (۲۰۲۱) هم‌خوانی دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، کارایی انرژی و معقولیت ساختار صنعتی دارای هماهنگی بالاتری بوده و میان شدت مصرف انرژی و ساختار بخش صنعت ایران تعامل بیشتری وجود دارد ولی علی‌رغم مصرف بالای انرژی در بخش کشاورزی ایران، میان شاخص معقولیت ساختار کشاورزی و شدت مصرف انرژی در این بخش هماهنگی مناسبی وجود نداشته و انرژی به صورت بهینه مصرف نشده است که با نتایج مطالعات نقوی (۱۴۰۱)، ونگ و همکاران (۲۰۲۱) و نومن و همکاران (۲۰۲۵) هم خوانی دارد.

برای حمایت از کارایی انرژی و بهبود منطقی بودن ساختار صنعت و کشاورزی ضروری است که ارزش افزوده ایجاد شده توسط هر واحد نیروی کار یا بهره‌وری نیروی کار نیز افزایش یابد به طوری‌که با همان مقدار نیروی کار، تولید ناخالص واقعی بیشتری ایجاد شود. تحول کارایی و بهره‌وری انرژی نیز می‌تواند مصرف انرژی را به شدت تغییر دهد. میزان شدت انرژی وابسته به ساختار اقتصادی هر کشوری است به طوری که در کشورهای توسعه یافته، کاهش شدت انرژی نتیجه سیاست‌های مدیریتی صحیح و مصرف بهینه است اما در کشورهای در حال توسعه، علت زیاد بودن شدت انرژی، مصرف بالای آن در بخش‌های غیرمولد و نیز استفاده از تجهیزات و فناوری‌های غیر بهینه است. نتایج مطالعه نشان داد مصرف انرژی در طول سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۸۳ افزایش یافته اما با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه حامل‌های انرژی از سال ۱۳۸۸، شدت مصرف انرژی تا حدودی کاهش یافته که نشان‌دهنده قرارگیری در مسیر بهبود بهینه‌سازی مصرف انرژی است. اما همچنان مصرف انرژی به دنبال اهداف افزایش تولید، با استفاده از صنایع و تکنولوژی انرژی‌بر، افزایش یافته است.

افزایش ارزش افزوده کشاورزی و صنعت، از طریق بهبود در ساختار اقتصاد می‌تواند زمینه کاهش شدت انرژی را فراهم کند. به طور کلی تغییرات ساختاری به عواملی مانند تغییر در سرمایه‌گذاری صنعتی، تغییر در بهره‌وری عوامل تولید، تقویت پیوندهای پسین و پیشین و تغییر در سطح فناوری روش‌های تولید بستگی دارد. به این ترتیب تغییر در هر یک از عوامل مذکور، منجر به تغییر در ساختار

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

و میزان فعالیت تولیدی شده و نتیجه آن در تغییرات ارزش افزوده منعکس می‌شود. با وجود هزینه‌های اجتماعی ناشی از افزایش بی‌رویه مصرف انرژی، چنانچه برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی به طور هدفمند به اجرا گذاشته نشوند، زیان‌های اقتصادی ناشی از مصرف بالای انرژی، منجر به خسارت‌های محیط-زیستی بالایی خواهند شد. چنانچه تعامل میان ساختار بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش صنعت و کشاورزی و کارایی انرژی بیشتر باشد، زمینه مناسب‌تری برای رشد و توسعه اقتصادی فراهم خواهد شد.

با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود، در کنار توجه به افزایش بهره‌وری و کارایی انرژی، ساختار نیروی کار مورد استفاده در بخش‌های مختلف اقتصادی نیز مطابق با سیاست‌های کلی نظام مورد توجه قرار گیرد. بهره‌وری نیروی کار از آن جهت مهم است که در ساختار بخش‌های اقتصادی تاثیر بسزایی داشته و می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری سایر عوامل تولید از جمله انرژی شود. استفاده از تجهیزات و تکنولوژی‌های صرفه‌جوی انرژی، می‌تواند از شدت مصرف آن در فرایند تولید بکاهد. همچنین در ایران پتانسیل استفاده از انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی بادی و بیومس وجود دارد که با جایگزینی انرژی فسیلی و اصلاح ساختارهای تولید، هم در زمینه مصرف انرژی صرفه‌جویی و بهینه‌سازی انجام می‌شود و هم منجر به حفظ سلامت محیط زیست خواهد شد البته تحقق این امور مستلزم برنامه‌ریزی دقیق علمی و سیاست‌گذاری‌های مناسب بلندمدت است.

۶. منابع

آماده، حمید و مهری هاشمی (۱۳۹۸)،" به کارگیری رهیافت ترکیبی شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا و شاخص جداسازی در تجزیه مصرف انرژی بخش کشاورزی ایران"، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال نهم، شماره ۳۳، صص ۴۲-۲۱.

بهمنی، مجتبی؛ اشرف گنجویی، رضا و منصوره مرادعلیزاده (۱۴۰۳)، "کاربرد مدل غیرخطی فازی برای بررسی عوامل موثر بر مصرف و بهره‌وری انرژی"، *فصلنامه اقتصاد مقداری*، ۲۱ (۳)، صص ۱۸۳-۱۴۵.

پورعبادالهان کویچ، محسن؛ پناهی، حسین؛ شهبازی هومونلو، شهریار و خدیجه صالحی ابر (۱۳۹۴)، "تجزیه عوامل موثر بر تغییرات مصرف انرژی در زیربخش های صنعتی ایران: مقایسه روش‌های لاسپیرز و دیویژیا"،*نظریه‌های کاربردی*

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

اقتصاد، شماره ۴، دوره۲، صص ۷۰-۴۹.

تهرانچیان، امیرمنصور و سیده مهسا خباز (۱۴۰۴)، "نقش بهره‌وری در میزان تاثیر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر تاب آوری اکولوژیک"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال ۲۱، شماره ۸۴، صص ۵۰-۳۱.

جهانگرد، اسفندیار؛ فریدزاد، علی؛ کاکائی، جمال و اکبر احمدی (۱۳۹۸)، "تجزیه و تحلیل تغییرات بهره‌وری انرژی در ایران"، *فصلنامه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و توسعه*، سال اول، شماره ۴، صص ۶۵-۳۶.

دل انگیزان، سهراب؛ رضائی، الهام؛ سحر بهاری‌پور (۱۳۹۵)، "تاثیر ساختار صنعتی بر شدت مصرف انرژی در صنایع کارخانه ای ایران"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، سال دوم، شماره ۳، صص ۱۶۸-۱۳۳.

راسخی، سعید و سارا قنبرتبار (۱۴۰۴)، "اثر ابعاد سه‌گانه جهانی شدن بر جداسازی رشد اقتصادی از مصرف انرژی و آلودگی"، *سیاست‌گذاری اقتصادی*، سال ۱۷، شماره ۳۳، صص ۲۸۵-۲۴۸.

صادقی، زین‌العابدین؛ جلایی، سید عبدالمجید و مهلا نیک‌روش (۱۳۹۷)، "بررسی عملکرد مصرف انرژی در استان های ایران: تحلیل تجزیه شاخص"، *پژوهش‌های اقتصاد و توسعه منطقه‌ای*، سال ۲۵، شماره ۱۶، صص۸۶-۵۷.

صیادی، محمد؛ سهیلی احمدی، حبیب و کسری مقیمی (۱۴۰۲)،"اولویت بندی و ارزیابی موانع ترویج خودروهای برقی در ایران: رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، دوره ۹، شماره ۴، صص ۱۸۰-۱۴۹.

فطرس، محمدحسن و جواد براتی (۱۳۹۰)، "تجزیه انتشار دی اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی به بخش های اقتصادی ایران: یک تحلیل تجزیه شاخص"، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، سال هشتم، شماره ۲۸، صص۷۳-۴۹.

لطفی، شبنم؛ فرید زاد، علی و علی اصغر سالم (۱۳۹۷)، "تجزیه شدت انرژی در بخش‌های اقتصادی ایران: رویکرد ترکیبی تحلیل تجزیه شاخصی و تحلیل تجزیه مبتنی بر تولید"، *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، شماره ۸۵، سال ۲۶، صص ۱۸۷-۱۵۱.

نقوی سمیه (۱۴۰۱)، "کاربرد شاخص ترکیبی جداسازی-تجزیه مصرف انرژی در بخش‌های کشاورزی و صنعت ایران"، *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، جلد ۳۶، شماره ۳، صص ۳۰۰-۲۸۷.

نوروزی آورگانی، رضا؛ زارعی محمودآبادی، محمد و حامد محمودیان (۱۴۰۲)، "مرور نظام‌مند مطالعات کارایی انرژی و زیست‌محیطی"، *فصلنامه پژوهش‌های سیاستگذاری و برنامه‌ریزی انرژی*، دوره ۹، شماره ۳، صص ۲۰۳-۱۷۱.

هاشمی، مهری و آماده حمید (۱۳۹۸)، "تجزیه مصرف انرژی در بخش های صنعت و حمل و نقل"، *فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین*، سال ۱۴، شماره ۳، صص ۱۴۸-۱۲۵.

Ang, B. W (۲۰۰۵). The LMDI Approach to Decomposition Analysis: a practical Guide, *Energy Policy*, 33, pp. 867-871.

Cheng, Y., Wang, J., and Shu, K (2023). The coupling and coordination assessment of food-water-energy systems in China based on sustainable development goals, *Sustainable Production and onsumption*, 35, pp. 338-348.

Energy Balance, Ministry of Energy, 2018-2023.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

Fan, Y., Fang, C., and Zhang, Q (2019). Coupling coordinated development between social economy and ecological environment in Chinese provincial capital cities-assessment and policy implications, *Journal of Cleaner Production*, 229, pp. 289-298.

Gong, Z., Zhang, H., and Wan, Z (2025). Research on the spatiotemporal differentiation, dynamic evolution, and impacts of agricultural energy efficiency in China under the constraint of the "dual carbon" target, *Alexandria Engineering Journal*, 118, pp.543-555.

Guan, D., Gao, W., Su, W., Li, H., and Hokao, K (2011). Modeling and dynamic assessment of urban economy–resource–environment system with a coupled system dynamics–geographic information system model, *Ecological Indicators*, 11(5), pp. 1333-1344.

Guan, W., and Xu, S (2015). Spatial energy efficiency patterns and the coupling relationship with industrial structure: A study on Liaoning Province, China. *Journal of Geographical Sciences*, 25, pp. 355-368.

Guan, W., and Xu, S (2015). Spatial energy efficiency patterns and the coupling relationship with industrial structure: A study on Liaoning Province, China. *Journal of Geographical Sciences*, 25, pp. 355-368.

Haken, H (1983). At least one Lyapunov exponent vanishes if the trajectory of an attractor does not contain a fixed point. *Physics Letters A*, 94(2), pp. 71-72.

Liu, W., Zhan, J., Zhao, F., Wei, X., and Zhang, F (2021). Exploring the coupling relationship between urbanization and energy eco-efficiency: a case study of 281 prefecture-level cities in China. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102563.

Li, Y., Li, Y., Zhou, Y., Shi, Y., and Zhu, X (2012). Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment. *Journal of environmental management*, 98, pp. 127-133.

Luan, X., Yasmeen, R., and Shah, W. U. H (2024). Assessing energy efficiency, regional disparities in production technology, and factors influencing total factor energy productivity change in the agricultural sector of China. *Heliyon*, 10(15).

Luo, Y., Long, X., Wu, C., and Zhang, J (٢٠١٧). Decoupling CO ٢emissions from economic growth in agricultural sector across ٣٠Chinese provinces from ١٩٩٧to ٢٠١٤. *Journal of Cleaner Production* ١٥٩, pp. ٢٢٠–228.

Li, Y., Li, Y., Zhou, Y., Shi, Y., and Zhu, X (2012). Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment. *Journal of environmental management*, 98, pp. 127-133.

Luo, W., Yang, X. Z., Yang, Y. F. and Cheng, S. Y (2022). Co-evolution of water–energy–food nexus in the Yellow River Basin and forecast of future development. *Resources Science*, 44 (3), pp. 608–619.

Mutisya, E., and Yarime, M (2014). Moving towards urban sustainability in Kenya: a framework for integration of environmental, economic, social and governance dimensions. *Sustainability science*, 9, pp. 205-215.

Naumann, M., Ostermann, M., Buchenau, N., Oetzel, J., Schlosser, F., Meschede, H., and Troster, T (2025). Energy efficiency improvement for decarbonization in manufacturing industry: A review. *Energy Conversion and Management*, 338, 119763.

Song, F., and Zheng, X (2012). What drives the change in China's energy intensity: combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level. *Energy policy*, 51, pp. 445-453.

Tapio, P (2005). Towards a Theory of Decoupling: Degrees of Decoupling in the EU and the Case of Road in Finland Between 1970 and 2001, *Transport Policy,* 12, pp. 137–151.

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]

Wang, H., Tao, J., Xu, J., and Li, Z (2023). Positive or negative coordination? Spatiotemporal coupling analysis between economic growth and carbon neutrality in the Yellow River Basin. *Energy Reports*, 9, pp. 140-153.

Wang, X., Song, J., and Duan, H (2021). Coupling between energy efficiency and industrial structure: An urban agglomeration case. *Energy*, 234, 121304.

Wang, S., Cui, Z., Lin, J., Xie, J., and Su, K (2022). The coupling relationship between urbanization and ecological resilience in the Pearl River Delta. *Journal of Geographical Sciences*, 32(1), pp. 44-64.

Wen, H., and Wen, F (2019). Coupling and coordination analysis of water resources-economy-ecological environment in key provinces of" the Belt and Road". *Engineering Journal of Wuhan University*, 52(10), pp. 870-877.

Xu, C., and Zhang, J (2022). Dynamic analysis of the coupling relationship between regional energy economy and environment based on big data. *Energy Reports*, 8, pp. 13293-13301.

Xu, J., Li, Y., Wider, W., and Zhang, S (2025). Government subsidies, rent-seeking and investment efficiency in China's renewable energy industry: The suppressing role of R&D investment. *Energy Reports*, 14, pp.2047-2062.

Yu, Y., and Gong, X (2022). Study on the coupling problem of coordinated development of economy–energy–environment–technology system in Northeast China. *Energy Reports*, 8, pp. 305-312.

Zhang, L., Wu, M., Bai, W., Jin, Y., Yu, M., and Ren, J (2021). Measuring coupling coordination between urban economic development and air quality based on the Fuzzy BWM and improved CCD model. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103283.

Zhang, T. Z., Wang, X. J., Qi, G. P., Kang, Y. X., Yin, M. H., Ma, Y. L., Jia, Q. and Zhang, X. N (2022). Driving factors of water resources–economic society–ecological environment coupling in Gansu Province. *Hydro-Science and Engineering*, doi: 10.12170/20220719003.

Zhang, Z.X (2000). Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: an economic analysis and policy implications. *World Development*, 28, pp. 39–75.

Ziaabadi , M., Zare Mehrjerdi, M.R., and Pourtaheri., Z. Kh (2021). Investigating the effects of economic and human development on Iran's carbon footprint, *Environmental Resources Research*, 9 (2), pp. 159-172**.**

[Downloaded from epprjournal.ir on 2026-11-29]