-- Iranian Energy Economics------
Summer 2020, 36(9), 49-71
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.59074.1826

Original Reserch Received: 21/Feb/2021 Accepted: 20/Nov/2021 ISSN: 2423-5954 eISSN: 2476-6437

Investigating Energy Intensity Convergence in the Iranian Manufacturing Industries

Zahra Dehghan Shabani * — Associate Professor of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran

Ebrahim Hadian — Associate Professor, Department of Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran

Seyedeh Masumeh Mousavi Borazjani — M.A. in Economics, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

Air pollution concerns, climate change, and sustainable development necessitate the discussion of the dynamics of energy intensity. Nowadays, energy convergence is widely used as a tool for considering the dynamics of energy intensity. The energy intensity convergence in manufacturing industries is suitable to assess whether there is a knowledge spillover between manufacturing industries and whether government policies have been effective for reducing energy intensity in manufacturing industries. The purpose of the study is to examine energy intensity convergence in Iranian manufacturing industries. To do that, we collected data from nine manufacturing industries from 1995 to 2015 and employed the generalized method of moments in panel data (GMM) technique. The results of the model estimation show that there is β convergence of energy intensity in the manufacturing industries.

Keywords: Energy Intensity Convergence, Manufacturing Industries, generalized method of moments, Iran.

JEL Classification: C23, L60, Q40

* Corresponding Author: zdehghan@shirazu.ac.ir
How to Cite: Dehghan Shabani, Z., Hadian, E., Mousavi Borazjani, S M. (2020). Investigating Energy Intensity Convergence in the Iranian Manufacturing Industries. Iranian Energy Economics, 36 (9), 49-71.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۲۹

ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴

eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------

دوره ۹، شماره ۳۶، پاییز ۱۳۹۹، ۴۹-۷۱

Jiee.atu.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2022.59074.1826

بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران

زهرا دهقان‌شبانی * دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

ابراهیم هادیان دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

سیده معصومه موسوی برازجانی فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه شیراز

چکیده

نگرانی‌های موجود در زمینه آلودگی هوا و تغییر اقلیم و توسعه پایدار، پایان‌پذیر بودن سوخت‌های فسیلی و قیمت بالای آنها ضرورت بحث در مورد پویایی شدت انرژی را ایجاب می‌کند. امروزه همگرایی شدت انرژی به عنوان یک ابزار برای سیاست گذاری و بررسی پویایی‌های شدت انرژی استفاده می‌شود. بررسی همگرایی شدت انرژی در بین زیربخش‌های صنعت برای ارزیابی اینکه آیا سرریز دانش بین زیربخش‌های صنایع وجود دارد و همچنین آیا سیاست‌های دولت در جهت کاهش شدت انرژی کارا بوده، مناسب است. هدف از این پژوهش بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران می‌باشد. برای بررسی همگرایی شدت انرژی از داده‌های صنایع نه‌گانه طی دوره زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ و تکنیک گشتاور تعمیم یافته در داده‌های تابلویی استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان می‌دهد که همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: همگرایی شدت انرژی، صنایع کارخانه‌ای، گشتاور تعمیم‌یافته، ایران

طبقه‌بندی JEL: Q40 , L60 , C23

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* نویسنده مسئول: zdehghan@shirazu.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید در کنار سایر عوامل تولید نظیر کار، سرمایه و مواد اولیه نقش عمده‌ای را در پویایی اقتصادی کشورها به عهده دارد به طوری که انرژی به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل برای شکل‌گیری و پیشرفت جوامع صنعتی شناخته شده است (ابریشمی و همکاران، ۱۳۸۷). هرچند که مصرف انرژی یکی از عوامل مهم توسعه هر کشوری می‌باشد، اما باید توجه نمود که مصرف سوخت‌های فسیلی ضمن تجدیدناپذیر بودن، موجب آلودگی‌های زیست محیطی و تغییر اقلیم و آب و هوا نیز می‌شوند و در کشورهای تولیدکننده و صادرکننده سوخت‌های فسیلی مانند ایران علاوه بر آلودگی‌های زیست محیطی، افزایش مصرف داخلی این سوخت‌ها باعث کاهش توان صادراتی آنها می‌شود و موجب می‌شود که بخشی از درآمد ارزی حاصل از صدور نفت بدون جایگزین مناسب برای آن از دست برود. لذا مطالعه روند تحولات ساختار سیستم انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و شدت انرژی و همچنین ارزیابی کارا بودن سیاست‌ها در جهت کاهش شدت مصرف انرژی ازجمله مواردی است که اهمیت خاصی دارد.

از آنجا که بخش صنعت تقریباً یک سوم مصرف انرژی نهایی جهان را دارد و این سهم با گذشت زمان در حال رشد است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۲) و در ایران نیز ۲۵ درصد مصرف انرژی در بخش صنعت است. بنابراین، داشتن درک عمیق از عوامل مؤثر بر کاهش شدت انرژی و بررسی پویایی‌های شدت انرژی در این بخش مهم است. کاهش شدت انرژی در بخش صنعت، از یک طرف سبب کاهش هزینه تولید در سطح کلان، کاهش قیمت تمام‌شدهٔ محصولات صنعتی شده و از این طریق موجب افزایش ارزش افزوده این بخش، افزایش توان رقابتی و سبب کاهش واردات کالاهای صنعتی و افزایش صادرات محصولات صنعتی می‌شود.

یکی از مفاهیم مهمی که در بررسی پویایی‌های شدت انرژی در بخش صنعت مهم است همگرایی شدت انرژی است. مفهوم همگرایی شدت انرژی اشاره به شرایطی دارد که بخش‌ها (کشورها یا مناطق) با شدت انرژی بالا به بخش‌ها (کشورها یا مناطق) که از نظر انرژی کارا و با شدت انرژی پایین هستند جهش پیدا می‌کند. همگرایی شدت انرژی ممکن است درنتیجه سرریز بین بخش‌ها هم از نظر تکنولوژی (برای مثال بهبود در کارایی انرژی فرایندهای تولید انرژی مانند احتراق سوخت) و هم از نظر مدیریتی (برای مثال استفاده از

سیستم‌های مدیریت انرژی) اتفاق بیفتد (کریمو[1] و همکاران، ۲۰۱۷). واگرایی شدت انرژی می‌تواند حاکی از الگویی خاص و تکنولوژی فنی در بین زیربخش‌ها باشد.

بررسی همگرایی شدت انرژی ابزاری برای ارزیابی اینکه آیا سرریزهای تکنولوژی بین زیربخش‌های صنعت وجود دارد و همچنین برررسی اینکه سیاست‌های انرژی و محیط زیستی در زیر بخش‌های مختلف آیا توانسته زیربخش‌های با انرژی‌بری بالا را به سمت زیربخش‌های با انرژی‌بری پایین سوق دهد است؟ مهم است و می‌تواند در اتخاذ سیاست‌های حمایتی به منظور انتشار دانش و تکنولوژی صنعتی در زیربخش‌ها و هدف قرار دادن حمایت عمومی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در کارایی و بهره‌وری انرژی کمک کند.

در این راستا این مقاله به بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران پرداخته است. برای بررسی این موضوع مقاله در ۷ بخش تنظیم شده است. بعد از مقدمه در بخش دوم، مروری بر وضعیت شدت انرژی صنعت و صنایع نه‌گانه در ایران صورت گرفته است. در بخش سوم مقاله مطالعات پیشین درخصوص همگرایی شدت انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. مبانی نظری در بخش چهارم مقاله ارائه شده است. تصریح مدل در بخش پنجم مقاله مطرح شده است. بخش ششم مقاله شامل برآورد الگو و نتایج تجربی است. نتیجه‌گیری و پیشنهادات در بخش هفتم مقاله آورده شده است.

۲. مروری بر وضعیت مصرف و شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران

در جدول (۱) مصرف انرژی بخش‌های عمده اقتصادی ایران (کشاورزی، صنعت و خدمات) را طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. بر اساس آمار این جدول مشاهده می‌شود که بخش خدمات طی سال‌های مورد بررسی بیشترین مصرف انرژی را نسبت به بخش صنعت و کشاورزی داشته است. بخش صنعت با داشتن ۲۵٪ از مصرف انرژی کل کشور در جایگاه دوم بعد از بخش خدمات بوده و بخش کشاورزی کمترین مصرف انرژی را داشته است. مطابق با آمار جدول (۱) مصرف انرژی از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ رو به افزایش بوده است و مصرف انرژی بخش صنعت از ۱۴۶/۵ (میلیون بشکه معادل نفت خام) در سال ۱۳۷۴ به ۳۱۰/۷ (میلیون بشکه معادل نفت خام) در سال ۱۳۹۴ رسیده است.

1. Karimu

جدول ۱. مصرف انرژی بخش‌های مختلف (میلیون بشکه معادل نفت خام)

سال	بخش کشاورزی	بخش صنعت	بخش خدمات
۱۳۷٤	۳۰/۹	۱٤٦/٥	۳٥٥/۹
۱۳۷٥	۳۰/۹	۱۲۸/۸	۳۷۸/۲
۱۳۷٦	۲۹/۷	۱٤۳/٦	۳۹٤/۲
۱۳۷۷	۳۳/۲	۱۳۳	٤۰٦/٦
۱۳۷۸	۳۰/٤	۱٤۲/۱	٤۲۲/٤
۱۳۷۹	۳۰/۹	۱٦٥/۳	٤٥۲/۲
۱۳۸۰	۳۰/٥	۱۳٥/۳	٤۷٤
۱۳۸۱	۲۹/۳	۱٤۱/۳	٥۲۱/۱
۱۳۸۲	۳۱/٦	۱٥٥/۳	٥۳۷/۷
۱۳۸۳	۳۲/۲	۱٦۷	٥۷۹/٥
۱۳۸٤	۳۳/٤	۱۸۳/۱	٦۲٥/٦
۱۳۸٥	۳٦/۸	۱۹٦/٥	٦۸۳/٦
۱۳۸٦	۳۷/٦	۲۳۷/٥	۷۰۰/۱
۱۳۸۷	٤۱/۹	۲٥۲/۷	٦۹۱/٤
۱۳۸۸	٤۳/۳	۲٥۸	۷۳۲/٤
۱۳۸۹	٤٥/٥	۲۸۱/٥	۷۰۷/۳
۱۳۹۰	٤٥/۸	۲۹۳/٦	۷۲۰/٦
۱۳۹۱	٤۷/٦	۳۰۳/٥	۷۰۸/٤
۱۳۹۲	٤۹/٦	۳۰۲/۳	۷٥۱/۷
۱۳۹۳	٥۰/۳	۳۲۳/۱	۷۸۷/٤
۱۳۹٤	٥۱/٤	۳۱۰/۷	۷۹٦/۳

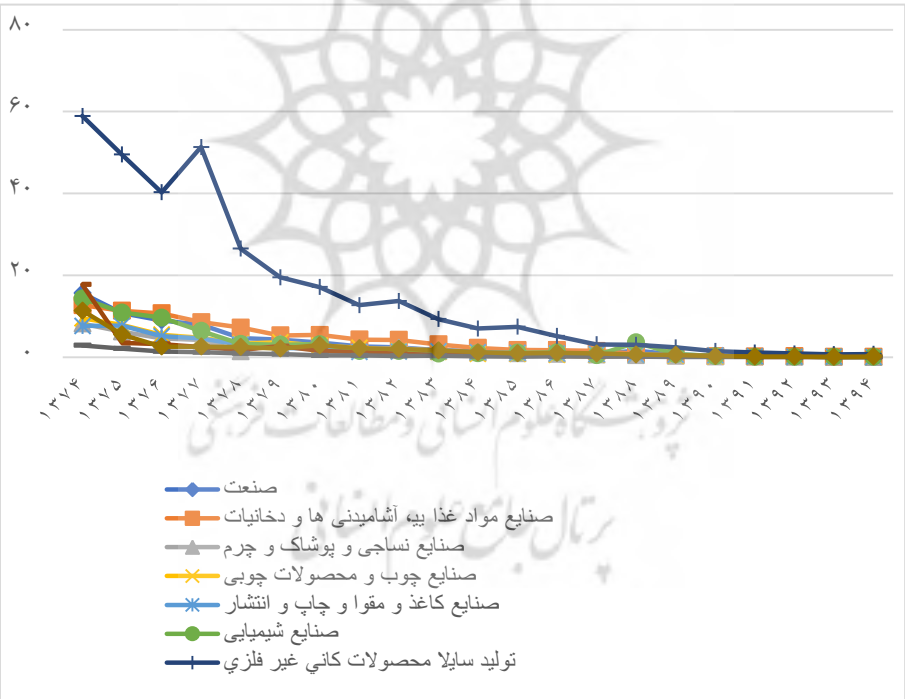
مأخذ: ترازنامه انرژی ۱۳۹٤

جدول (۲) و شکل (۱) روند شدت انرژی بخش صنعت و صنایع نه‌گانه را نشان می‌دهد. مطابق با جدول (۲) مشاهده می‌شود که صنایع محصولات کانی غیر فلزی، صنایع تولید فلزات اساسی و صنایع شیمیایی در سال ۱۳۷۴ به ترتیب با نسبت ۵۸/۹۳۵۲، ۱۷/۷۵۲۵ و ۱۴/۳۳۲۸ تراژول به میلیارد ریال بالاترین شدت انرژی را داشته‌اند و در سال ۱۳۹۴ صنایع محصولات کانی غیر فلزی، صنایع متفرقه، صنایع تولید فلزات اساسی و صنایع مواد غذایی آشامیدنی و دخانیات به ترتیب با شدت انرژی ۰/۷۹۷۵، ۰/۱۶۶۵، ۰/۰۷۸۷ و ۰/۰۷۷۳

بالاترین شدت انرژی را داشته اند و همان طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ شدت انرژی روندی کاهشی داشته و از سال ۱۳۹۰ که طرح هدفمندی یارانه‌ها اجرا شده است شدت انرژی به صورت چشمگیری رو به کاهش بوده است.

آمارهای رشد متوسط شدت انرژی در جدول (۲) آورده شده است که نشان می‌دهد متوسط رشد سالانه شدت انرژی در همهٔ صنایع منفی بوده است که این امر می‌تواند بیانگر آن باشد که صنایع به سمت انرژی‌بری کمتر حرکت کرده‌اند و مصرف انرژی آنها برای تولید یک میلیارد ریال ارزش افزوده کاهش یافته است که این کاهش در شدت انرژی می‌تواند ناشی از پیشرفت تکنولوژی، جانشینی حامل‌های انرژی، قیمت حامل‌های انرژی، تغییر ساختار صنایع، مدیریت بهینه مصرف انرژی و انتقال تقاضای مصرف‌کننده به سمت کالاهایی که انرژی‌بری کمتری دارند، باشد.

شکل ۱. شدت انرژی بخش صنعت و صنایع نه‌گانه ایران طی دوره زمانی ۱۳۷٤ تا ۱۳۹٤



مأخذ: محاسبات پژوهش

جدول ۲. شدت انرژی بخش صنعت و صنایع نه‌گانه[1] (تراژول بر میلیارد ریال)

نوع فعالیت	۱۳۷٤	۱۳۷۵	۱۳۷٦	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵	۱۳۸٦	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	رشد متوسط
صنعت	۱۵/٦٤	۱۰/۷٦	۹/۰۱	۷/۹۳	٤/٦٦	٤/۳۰	۳/٦۱	۲/٦۸	۲/۳۹	۱/۷٤	۱/٤۷	۱/۲۹	۱/۱۲	۰/۷۲	۱/٦۲	۰/٦۲	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۱۲	-۰/۲۱
گروه ۱	۱۲/۷۰	۱۱/۳٤	۱۰/۷۱	۸/۵۷	۷/۲۵	۵/۳۱	۵/٤٦	٤/۲۹	٤/۲٤	۳/۱۳	۲/۲٦	۱/۷۵	۱/۷٤	۱/۵۳	۰/۸٤	۰/٤۷	۰/۲۹	۰/۱٦	۰/۲٦	۰/۰۸	۰/۰۸	-۰/۲۲
گروه ۲	۸/۲۲	٦/۲٤	٤/۵۹	٤/۲۲	۱/٤٦	۳/۳۳	۲/۷۱	۲/۱۳	۲/۲۸	۱/٦۰	۱/۱۹	۰/۹٦	۰/۸۱	۰/٦٤	۰/۵۱	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۵	-۰/۲۲
گروه ۳	۹/۵۱	۷/۹۱	۵/٤۷	٤/۷٦	۳/۳٤	۳/٦۵	۲/۸۳	۲/۲۹	۱/۵۳	۱/۲۵	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/٦۰	۰/۵٤	۰/٦۰	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰٤	-۰/۲۳
گروه ٤	۷/٦۳	۷/۷۰	۵/۱۱	٤/٦۱	۳/۰٦	۲/۲۲	۲/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۷	۱/٤۰	۱/۱۹	۱,۰۰	۰/۸۹	۰/۷۰	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰٦	-۰/۲۰
گروه ۵	۱٤/۳۳	۱۰/۸۹	۹/٦۵	٦/٤۰	۳/۲۵	۳/۰٦	۳/۱۹	۱/۵٤	۱/٤۸	۰/۸۵	۱/۰۰	۱/۰۹	۱/۱۸	۰/٤۹	۳/٦۲	۰/۷۳	۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۸	-۰/۲۲
گروه ٦	۵۸/۹٤	٤۹/۵۰	٤۰/۲٦	۵۱/۳۵	۲٦/۵۱	۱۹/۵۳	۱۷/۱۱	۱۲/۷۱	۱۳/۷٤	۹/۳۰	٦/۹۹	۷/٤٤	۵/۱۸	۳/۱۳	۳/۰۱	۲/۳۹	۱/٤۸	۱/۱۳	۰/۸۹	۰/۷۱	۰/۸۰	-۰/۱۹
گروه ۷	۱۷/۷۵	۳/٤۹	۳/۱۹	۲/٤۷	۱/۷۹	۲/۷۰	۱/۵۲	۱/۲٦	۰/۸۲	۰/۵٦	۰/٦۱	۰/٤۳	۰/۳۲	۰/۲۵	۰/۳٤	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	-۰/۲۳
گروه ۸	۲/۹۰	۲/۱۱	۱/٤۱	۱/۲۲	۰/۹۳	۰/۷٤	۰/٤٤	۰/٤۳	۰/۳۲	۰/۳٤	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۱٤	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۲۰
گروه ۹	۱۱/۳۸	۵/۵٦	۲/۵۹	۲/۵۷	۲/٤۹	۲/۱۳	۲/۹۵	۲/۱۹	۲/۰٤	۱/٦۷	۱/۲۱	۰/۹٤	۱/۰٦	۰/۹۲	۰/٦۷	۰/۵٦	۰/۲۸	۰/۱٤	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۷	-۰/۱۸

مأخذ: محاسبات پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱.گروه‌های مورد بررسی صنایع نه‌گانه می‌باشند. (گروه ۱: صنایع مواد غذایی، آشامیدنی و دخانیات، گروه ۲: صنایع نساجی، پوشاک و چرم، گروه ۳: صنایع چوب و محصولات چوبی، گروه ۴: صنایع کاغذ، مقوا، چاپ و انتشار، گروه ۵: صنایع شیمیایی، گروه ۶: صنایع محصولات و کانی‌های غیر فلزی، گروه ۷: صنایع تولید فلزات اساسی، گروه ۸ : صنایع ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار فلزی، گروه ۹: صنایع متفرقه)

۳. مروری بر مطالعات پیشین

مطالعات مختلفی به بررسی همگرایی مصرف انرژی و شدت انرژی بین کشورها، بین مناطق و بین بخش‌ها پرداخته‌اند، که در اینجا به طور مختصر مطالعاتی که به بررسی همگرایی مصرف و شدت انرژی بین بخش‌ها پرداخته‌اند، آورده شده است.

میکتا و مولدر[1] (۲۰۰۵) به تجزیه و تحلیل همگرایی بهره‌وری انرژی در ۵۶ کشور توسعه‌یافته و در حال توسعه، در ۱۰ بخش تولیدی، برای دوره ۱۹۹۵-۱۹۷۱ پرداخت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که، به غیر از بخش فلزات، اختلاف بین کشورها در سطح مطلق بهره‌وری انرژی، به ویژه در صنایع کم‌مصرف انرژی، رو به کاهش است.

شائوژو و لی[2] (۲۰۱۱) به بررسی همگرایی شدت انرژی و تولید ناخالص داخلی در ۶ بخش چین طی دوره زمانی ۲۰۰۶-۱۹۹۷ پرداختند. ایشان برای بررسی همگرایی از مفهوم همگرایی شرطی بتا و مدل داده‌های تابلویی استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شواهدی از همگرایی در بخش‌های چین وجود دارد.

مولدر و دیگروت[3] (۲۰۱۲)، به بررسی همگرایی در شدت انرژی در ۵۰ بخش در ۱۸ کشور OECD پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شواهدی مبنی بر وجود همگرایی بتا در بین بخش‌های این کشورها وجود دارد و نرخ همگرایی در بخش خدمات بیشتر از بخش تولید است.

هاجکو (۲۰۱۴) همگرایی بتا در شدت انرژی بخش حمل و نقل در کشورهای اتحادیه اروپا طی دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ را مورد بررسی قرار داد. نتایج همگرایی شدت انرژی در بخش حمل و نقل را تأیید می‌کند و شاخص نیمه عمر در همگرایی شدت انرژی در این تحقیق ۴ سال است.

میشرا و اسمیت[4] (۲۰۱۷) به بررسی همگرایی مصرف انرژی در ۷ بخش شامل عرضه برق، صنعت، معدن، مسکونی، تجاری و سایر در استرالیا پرداختند. ایشان به این نتیجه رسیدند که همگرایی در مصرف انرژی در این ۷ بخش وجود دارد.

کریموو همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی همگرایی در شدت انرژی برای ۱۴ صنعت در سوئد طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۰ پرداختند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که شواهدی از همگرایی شدت انرژی در زیربخش‌های صنعت سوئد وجود دارد.

---

1. Miketa and Mulder
2. Shaozhou and Li
3. Mulder and de Groot
4. Mishra and Smyth

ایوانوسکی[1] و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی همگرایی مصرف انرژی سرانه برای ۹ بخش و هفت ایالت در استرالیا طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۹ با استفاده از روش فیلیپس - سول[2] پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که باشگاه‌های همگرایی در بین بخش‌ها در استرالیا وجود دارد.

هوانگ[3] و همکاران (۲۰۱۹)، همگرایی شدت انرژی را برای ۳۴ بخش صنعت در کشور چین طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دارند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که همگرایی بتا در بین این ۳۴ زیر بخش صنعت در چین وجود دارد.

اکرم[4] و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های سالانه مصرف کل انرژی و حامل‌های مختلف انرژی در طول دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۷ به بررسی همگرایی شرطی تصادفی مصرف انرژی بین بخش‌های مختلف در هند پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که همگرایی بین بخش‌ها وجود دارد.

در مطالعات داخلی مطالعاتی محدودی در زمینه همگرایی انرژی وجود که به بررسی همگرایی انرژی در بین کشورها و در استان‌های ایران پرداخته‌اند. دو مطالعه حمیدی‌رزی و شهبازی (۱۳۹۲) و نمازپور و اسدزاده (۱۳۹۵) به بررسی همگرایی شدت انرژی به ترتیب بین کشورهای اپک و کشورهای عضو اکو پرداختند. که در هر دو مقاله همگرایی شرطی بتا در شدت انرژی تأیید شده است. بهبودی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در کشورهای OECD پرداختند که همگرایی در بهره‌وری انرژی تأیید شد. کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی همگرایی باشگاهی در کارایی انرژی صنایع کارخانه‌ای استان‌های ایران با استفاده از زنجیره مارکوف فضایی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که همگرایی باشگاهی در کارایی انرژی صنایع در بین استان‌ها وجود دارد.

کفایی و خسروی (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی در استان‌های ایران طی دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ پرداختند. در این مطالعه دو همگرایی سیگما و بتا مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این تحقیق حاکی از نبود همگرایی سیگما در بهره‌وری انرژی بین استان‌ها است، اما همگرایی بتای شرطی بین بهره‌وری انرژی وجود دارد.

1. Ivanovski
2. Phillips-Sul
3. Huang
4. Akram

مطالعات خارجی که درخصوص همگرایی انرژی صورت گرفته حاکی از شواهدی از همگرایی شدت انرژی در بخش‌های صنعتی است. در مطالعات داخلی تنها مطالعه‌ای که به بررسی همگرایی بین صنایع پرداخته است مقاله کریمی تکانلو و همکاران (۱۳۹۵) است که به بررسی همگرایی باشگاهی در صنایع در استان‌های ایران پرداخته است. تفاوت مقاله حاضر با مطالعه کریمی و همکاران در این است که به بررسی همگرایی شرطی بتا در صنایع کارخانه‌ای در ایران پرداخته است.

۳. مبانی نظری

فرضیه همگرایی به کاهش اختلاف در متغیر مورد نظر در بین بخش‌ها یا مناطق در طول زمان اشاره دارد (هریس[1]، ۲۰۱۲). این مفهوم نخستین‌بار در مطالعات رشد اقتصادی توسط بارو[2] (۱۹۹۱) مطرح شد و سپس به مطالعات در حوزه انرژی گسترش یافت (ریبوردو، ۲۰۱۵). فرضیه همگرایی در شدت انرژی اشاره به شرایطی دارد که بخش‌ها (کشورها) با شدت انرژی بالا به بخش‌هایی (کشورهایی) که از نظر انرژی کارا و با شدت انرژی پایین هستند جهش پیدا می‌کند. همگرایی شدت انرژی موجب کاهش اختلاف فناوری در بین بخش‌ها (کشورها و مناطق) در طول زمان می‌شود. واگرایی در شدت انرژی دلالت بر عدم انتشار تکنولوژی بین بخش‌ها و کشورها دارد.

برای بررسی همگرایی شدت انرژی سه رهیافت در ادبیات همگرایی وجود دارد: همگرایی سیگما[3]، همگرایی بتا[4] و همگرایی تصادفی[5] وجود دارد که در این مقاله از همگرایی بتا استفاده شده است.

۳-۱. رهیافت همگرایی بتا (β)

اصطلاح همگرایی بتا به یک هم بستگی قابل مشاهده بین نرخ رشد و سطح یک متغیر مشخص اشاره دارد. در واقع مشاهده و تعیین اینکه آیا یک کشور در تعادل پایدار[6] در یک زمان مشخص است بسیار دشوار می‌باشد. به هر حال، مشاهده یک وابستگی منفی بین سطح شدت انرژی و نرخ رشد اشاره به شرایطی دارد که بخش‌های (کشورهای) با شدت

1. Herrerias
2. Barro
3. α Convergence
4. β Convergence
5. Stochastic Convergence
6. Steady-State

انرژی بالا به سمت بخش‌های (کشورها) با شدت انرژی پایین جهش پیدا می‌کند و به عبارتی یک الگوی همگرایی وجود دارد (هر چه سطح اولیه بالاتر (شدت انرژی) باشد کاهش شاخص سریع‌تر است). دلیل چنین الگویی در منافع بالقوه‌ای است که می‌توان از کارایی انرژی بالاتر و افزایش بهره‌وری به دست آورد. همگرایی β به دو دسته همگرایی شرطی[1] و غیر شرطی[2] تقسیم می‌شود:

همگرایی غیر شرطی فرض می‌کند که شدت انرژی برای همهٔ بخش‌های (کشورها) به سمت یک حالت پایدار منحصر به فرد همگرا می‌شود:

$$\Delta \log(EI_{i.t}) = \alpha + \beta \log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t} \quad (۱)$$

رابطه (۱) می‌تواند به صورت زیر بازنویسی شود:

$$\log(EI_{i.t}) - \log(EI_{i.t-1}) = \alpha + \beta \log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t}$$

$$\log(EI_{i.t}) = \alpha + (\beta + 1) \log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t}$$

همگرایی شرطی تعادل‌های پایدار چندگانه را فرض می‌کند که وابسته به ویژگی‌های خاص یک بخش (کشور) هستند:

$$\Delta \log(EI_{i.t}) = \mu_i + \beta \log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t} \quad (۲)$$

رابطه (۲) نیز می‌تواند به صورت زیر بازنویسی شود:

$$\log(EI_{i.t}) - \log(EI_{i.t-1}) = \mu_i + \beta \log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t}$$

$$\log(EI_{i.t}) = \mu_i + (\beta + 1)\log(EI_{i.t-1}) + \varepsilon_{i.t}$$

به جای ضریب تخمینی واقعی بتا، اغلب دو معیار سرعت همگرایی گزارش شده است: به اصطلاح سرعت ضمنی همگرایی (که با λ مشخص می‌شود) و دیگری نیمهٔ عمر همگرایی[3] (H). سرعت ضمنی همگرایی از تقریب زدن حول تعادل پایدار به دست می‌آید (که با EI^* مشخص می‌شود).

$$\frac{\partial \log(EI(t))}{\partial t} = \lambda[\log(EI^*) - \log(EI(t))] \quad (۳)$$

که دلالت بر این دارد که:

$$\log(EI(t)) = \left(1 - e^{-\lambda t}\right) \log(EI^*) + e^{-\lambda t} \log\left(EI(0)\right) \quad (۴)$$

1. Conditional Convergence
2. Unconditional Convergence
3. Half-Life of Convergence (H)

که در آن $EI(0)$ شدت انرژی در زمان اولیه است. که رابطه بالا را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$\log\big(EI(t)\big) - \log\big(EI(0)\big) = \big(1 - e^{-\lambda t}\big)\big(\log(\,\mathrm{EI}^{*}) + \log\big(EI(0)\big)\big)$$

اگر $1 - e^{-\lambda t} = \beta$ را جایگزین کنیم، می‌توانیم سرعت ضمنی را از برآوردهای معادله (۱) یا (معادله (۲)) به دست آورد. $\lambda = -T^{-1}\log(1+\beta)$ و حرف T نشان‌دهنده طول زمان است. (هاجکو، ۲۰۱۴:۲۰۳) اگر β منفی و به لحاظ آماری مهم باشد شواهدی بر همگرایی وجود خواهد داشت و در صورت مثبت بودن واگرایی وجود دارد و چنانچه به لحاظ آماری معنادار نباشد نه همگرایی و نه واگرایی وجود دارد (کریمو و همکاران، ۲۰۱۷).

لازم به ذکر است که در این مقاله از همگرایی شرطی بتا برای آزمون همگرایی استفاده شده است که در آن علاوه بر اینکه نرخ رشد شدت انرژی وابسته به سطح شدت انرژی است به عوامل دیگری هم وابسته است که در بخش تصریح مدل عوامل مؤثر بر شدت انرژی توضیح داده شده است.

٤. تصریح مدل

شدت انرژی تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلفی قرار دارد که برای تشخیص عوامل مؤثر بر شدت انرژی می‌توان هدف کلی یک اقتصاد را حداقل‌سازی تابع هزینه کل که به فرم کاب داگلاس است در نظر قرار گرفت (فیشر- وندن[1]، ۲۰۰۴):

$$C(P_K.P_L.P_M.P_E.Q) = A^{-1}{P_K}^{\alpha K}{P_L}^{\alpha L}{P_E}^{\alpha E}Q \qquad (۵)$$

که در آن Q سطح محصول کل، A نشان‌دهنده سطح تکنولوژی، P_K قیمت نهاده سرمایه، P_L قیمت نهاده نیروی کار، P_E قیمت نهاده انرژی و αK، αE , αL به ترتیب کشش نهاده سرمایه، کشش نهاده نیروی کار و کشش نهاده انرژی را نشان می‌دهد. بر اساس لم شفارد، در تابع بهینه شده هزینه، مقدار تقاضا برای هر نهاده برابر مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت آن نهاده است، بنابراین مقدار تقاضا برای انرژی (E) برابر خواهد بود با:

$$E = \frac{\alpha_E A^{-1}{P_K}^{\alpha K}{P_L}^{\alpha L}{P_E}^{\alpha E}Q}{P_E} \qquad (۲)$$

1. Fisher-Vanden

شدت انرژی تعادلی را با تقسیم طرفین بر Q می‌توان به صورت زیر دست آورد:

$$\frac{E}{Q} = \frac{\alpha_E A^{-1} {P_K}^{\alpha K} {P_L}^{\alpha L} {P_E}^{\alpha E}}{P_E} \qquad (۳)$$

بنابراین شدت انرژی تحت تأثیر دو عامل مهم قرار دارد یکی تکنولوژی تولید[۱] (که هزینه تحقیق و توسعه[۲] می‌تواند پراکسی پولی برای آن باشد) یا بهره‌وری کل عوامل و دیگری قیمت نسبی سایر نهاده‌های تولید به نهاده انرژی. مطابق مبانی نظری موجود، هرچه سطح تکنولوژی بالاتر باشد، برای تولید مقدار معین تولید (مثلاً یک واحد) نیاز به نهاده‌های تولیدی (از جمله نهاده انرژی) کمتری است و بنابراین شدت انرژی پایین‌تر خواهد بود. از سوی دیگر هرچه قیمت سایر نهاده‌ها نسبت به نهادهٔ انرژی بالاتر باشد و به عبارت دیگر انرژی به طور نسبی نهادهٔ ارزان‌تری باشد، تمایل به جایگزینی نهادهٔ انرژی به جای سایر نهاده‌ها بیشتر خواهد بود.

در این مطالعه برای بررسی همگرایی شدت انرژی در زیربخش‌های صنعت از همگرایی شرطی β استفاده شده است. الگوسنجی برای بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای (صنایع نه‌گانه) ایران برگرفته از کار کریمو و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد که به صورت زیر است[۳]:

$$\begin{aligned}\Delta(\ln I_{it}) = {} & \alpha_0 + \beta \ln I_{it-1} \\ & + \alpha_1 \ln P_{Git} \\ & + \alpha_2 \ln P_{Eit} \\ & + \alpha_3 \ln P_{Fit} + \alpha_4 \ln R\&D + \alpha_5 \ln P_K + \alpha_6 \ln P_L + e_{it}\end{aligned}$$

---

۱. تکنولوژی مجموعه دانستنی‌های بشر در رابطه با فن تولید است.

۲. تحقیق عبارت است از جستجو برای دستیابی به دانش جدید به امید آنکه این دانش برای تولید یا توسعه محصولات، خدمات یا فرآیندهای جدید یا بهبود محصولات یا فرآیندهای موجود، مورد استفاده قرار گیرد. توسعه عبارت است از تبدیل تحقیقات جدید به طرح‌ها جهت دستیابی به محصولات یا فرآیندهای جدید یا بهبود موارد موجود. بنابراین هرچه هزینه صرف شده در تحقیق و توسعه بیشتر باشد، مجموعه دانستنی‌های بنگاه و صنعت در رابطه با روش‌های تولید بیشتر خواهد بود و به عبارت دیگر سطح تکنولوژی تولید بنگاه و یا صنعت بالاتر خواهد بود. به همین دلیل هزینه‌های تحقیق و توسعه می‌تواند پراکسی مناسبی برای تکنولوژی تولید باشد.

۳. تفاوت این مدل با پژوهش کریمو و همکاران (۲۰۱۷)، در این می‌باشد که لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه به این مدل اضافه شده و ضمن اینکه مقاله کریمو وقفه سوم متغیر شدت انرژی را در نظر گرفته است.

که می‌تواند به صورت زیر بازنویسی شود:

$$\ln I_{it} = \alpha_0 + (1+\beta)\ln I_{it-1} + \alpha_1 \ln P_{Git} + \alpha_2 \ln P_{Eit} + \alpha_3 \ln P_{Fit} + \alpha_4 \ln R\&D + \alpha_5 \ln P_K + \alpha_6 \ln P_L + e_{it}$$

توضیحات:

$\ln I_{it}$: لگاریتم شدت انرژی در صنعت i در زمان t.

$\ln I_{it-1}$: لگاریتم وقفه اول شدت انرژی در صنعت i در زمان t.

$\ln P_{G,it}$: لگاریتم قیمت گاز در صنعت i در زمان t.

$\ln P_{E,it}$: لگاریتم قیمت برق در صنعت i در زمان t.

$\ln P_{F,it}$: لگاریتم قیمت فرآورده‌های نفتی در صنعت i در زمان t.

$\ln R\&D$: لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه به قیمت ثابت در صنعت i در زمان t.

$\ln P_K$: لگاریتم قیمت سرمایه در صنعت i در زمان t.

$\ln P_L$: لگاریتم قیمت نیروی کار در صنعت i در زمان t.

e_{it}: جمله خطا

زیرنویس i معرف صنعت مورد نظر و زیرنویس t معرف زمان می‌باشد.

۱-٤. منابع داده‌های آماری

آمار و اطلاعات استفاده‌شده در این مقاله از سایت مرکز آمار ایران (نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر) از سال ۱۳۷۴ تا سال ۱۳۹۴ گرفته شده است. در ابتدا با استفاده از آمارهای موجود مصرف انرژی و ارزش‌افزوده کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر به محاسبه شدت انرژی در بازه زمانی مورد بررسی پرداخته و سپس به استفاده از شاخص فیشر به تجزیه شدت انرژی در صنایع نه‌گانه پرداخته شده است. لازم به ذکر است از آنجا که مصرف انرژی حامل‌های مختلف واحدهای متفاوتی داشته ابتدا همه به تراژول تبدیل شده و سپس با یکدیگر جمع شده و مصرف کل انرژی محاسبه شده است. در گزارش‌های ارائه‌شده توسط مرکز آمار ایران محاسبه جداگانه‌ای برای ارزش افزوده کارگاه‌های صنعتی وجود نداشته است به دین منظور با استفاده از ارزش ستانده و ارزش داده فعالیت صنعتی، ارزش افزوده فعالیت صنعتی برای دوره ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ (ارزش‌افزوده به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰) محاسبه شده است. آمار قیمت‌های گاز، برق و فرآورده‌های نفتی از ترازنامه انرژی استخراج شده است که برای محاسبه شاخص قیمت

فرآورده‌های نفتی سهم هریک از فرآورده نفتی (بنزین، نفت سفید، نفت‌گاز، نفت‌کوره و گاز مایع) از مصرف انرژی را محاسبه کرده و در قیمت‌شان ضرب شده و در نهایت مجموع آنها محاسبه شده است. آمار دستمزد نیروی‌کار صنعت وجود ندارد بدین منظور به محاسبه متوسط دستمزد نیروی‌کار پرداخته شده به این صورت که جبران خدمات کارکنان فعالیت‌های صنعتی به قیمت جاری بر حسب رشته فعالیت‌های صنعتی در کارگاههای صنعتی با ۱۰ نفر کارکن و بیشتر را تقسیم بر تعداد کل شاغلان این کارگاهها شده است. و نرخ سود تسهیلات بانکی به عنوان قیمت سرمایه در نظر گرفته شده است. مخارج تحقیق و توسعه به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ محاسبه شده که برای این منظور مخارج تحقیق و توسعه[۱] تقسیم بر شاخص قیمت مصرف‌کننده شده است.

۵. برآورد الگو و نتایج تجربی

روش برآورد در این مقاله روش داده‌های تابلویی می‌باشد. در حالت کلی در اقتصادسنجی داده‌های تابلویی فرض بر این است که داده‌های مورد استفاده دارای استقلال مقطعی هستند بنابراین پیش از انجام هر آزمونی اولین مرحله در اقتصاد سنجی داده‌های تابلویی تشخیص وابستگی یا استقلال مقطعی است.

برای تشخیص وابستگی مقطعی آزمون‌های متعددی پیشنهاد شده است که بریوش پاگان[۲] (۱۹۸۰) و آزمون CD پسران[۳] (۲۰۰۴) برخی از این آزمون‌ها می‌باشد که در این پژوهش از آزمون CD پسران (۲۰۰۴) استفاده شده که یک آزمون پیش از تخمین است و وابستگی مقطعی را برای تک تک متغیرها مورد بررسی قرار می‌دهد. مزیت این آزمون این است که برای داده‌های پانل متوازن و نامتوازن قابل انجام بوده و در نمونه‌های کوچک دارای خصوصیات مطلوبی می‌باشد. همچنین از انجا که آزمون وابستگی مقطعی برای انتخاب آزمون ریشه واحد مناسب باید انجام شود لذا لازم است که بر روی تک تک متغیرها صورت گیرد و مزیت آزمون پسران (۲۰۰۴) این است که می‌تواند برای تک تک متغیرها وابستگی مقطعی را چک کند[۴]. نتایج این آزمون در جدول (۳) آورده شده است.

---

۱. مخارج تحقیق و توسعه از آمار نتایج آمارگیری کارگاههای صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر استخراج شده است.

2. Breusch, & Pagan

3. Pesaran

۴. آزمون پریوش پاگان یک آزمون بعد از تخمین است و برای بررسی وابستگی مقطعی جملات اخلال قابل کاربرد است. تنها زمانی آزمون پریوش پاگان و پسران (۲۰۰۴) قابل مقایسه است که بر روی جملات اخلال این دو آزمون انجام شود.

جدول ۳. نتایج آزمون وابستگی مقطعی برای متغیرهای مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۹٤-۱۳۷٤

آزمون وابستگی مقطعی CD پسران (۲۰۰٤)		
متغیر	مقدار آماره آزمون پسران	P-Value
لگاریتم شدت انرژی	۱۸/۳۰	۰/۰۰۰
لگاریتم قیمت برق	۲٦/۱۵	۰/۰۰۰
لگاریتم قیمت گاز	۲٦/۱۵	۰/۰۰۰
لگاریتم شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی	۲٦/۰۰	۰/۰۰۰
لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه	۳/۲۹	۰/۰۰۱
لگاریتم قیمت نیروی‌کار	۱۸/۲۱	۰/۰۰۰
لگاریتم قیمت سرمایه	۱۸/۵۳	۰/۰۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار استتا ۱۳

فرضیهٔ صفر در این آزمون عدم وجود وابستگی مقطعی در متغیرهای مورد آزمون است. متغیرهایی که احتمال کمتر از ۰/۰۵ دارند دارای وابستگی مقطعی و با احتمال بیشتر از ۰/۰۵ دارای عدم وابستگی مقطعی می‌باشند. طبق نتایج به دست آمده از جدول (۳) همان‌طور که مشاهده می‌شود همهٔ متغیرها داری وابستگی مقطعی بوده است. بنابراین باید در انتخاب آزمون ریشه واحد وابستگی مقطعی در متغیرها در نظر گرفته شود.

آزمون ریشه واحد در داده‌های تابلویی به دو دسته آزمون ریشه واحد نسل اول[1] و دوم[2] تقسیم می‌شود. آزمون ریشه واحد نسل اول مانند آزمون هادری[3] (۲۰۰۰)، لوین و لین و چو[4] (۲۰۰۲)، ایم، پسران و شین[5] (۲۰۰۳) است که در این آزمون‌ها وابستگی مقطعی در نظر گرفته نمی‌شود و آزمون‌های ریشه واحد نسل دوم شامل آزمون دیکی فولی تعمیم یافته با لحاظ وابستگی مقطعی[6]، آزمون ایم، پسران و شین با در نظر گرفتن وابستگی مقطعی[7] و آزمون هادری و رائو[8] (۲۰۰۸) است که در این آزمون‌ها وابستگی مقطعی در متغیرها در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر وابستگی مقطعی، مسئله شکست ساختاری در سطح

1. First-generation
2. Second-generation
3. Hadri
4. Levin, Lin and Chu
5. Im, Pesaran and shin
6. Cross-sectionally augmented Dickey–Fuller
7. Cross-sectionally augmented Im, Pesaran, and Shin
8. Hadri and Rao

و روند متغیرها در ادبیات از زمانی که پرون[1] (۱۹۸۹) مطرح کرد که باید شکست ساختاری در ریشه واحد در نظر گرفته شود مورد بررسی قرار گرفت. آمسلر و لی (۱۹۹۵) دریافتند که با وجود شکست ساختاری نتیجه آزمون ریشه واحد به سمت پذیرش وجود ریشه واحد تورش خواهد داشت. بنابراین باید در آزمون ریشه واحد شکست ساختاری در نظر گرفته شود (هلمز[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

در این مطالعه به دلیل اینکه وابستگی مقطعی در متغیرها وجود دارد باید از ریشه واحد نسل دوم استفاده شود و از آنجا که دوره مورد بررسی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ است و هدفمندی یارانه‌ها در این دوره اتفاق افتاده است، بنابراین احتمال وجود شکست ساختاری است. بنابراین در این مطالعه از آزمون ریشه واحد هادری و رائو (۲۰۰۸) استفاده شده است

در آزمون رائو و هادری فرضیه صفر، ایستایی متغیر مورد آزمون است در صورتی متغیر ایستا می‌باشد که مقادیر بحرانی در سطوح ۹۹، ۹۷/۵، ۹۵ و ۹۰ درصد بیشتر از آمارهٔ ایستایی باشد در نتیجه فرضیه صفر رد نمی‌شود و متغیر مورد نظر ایستا می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود مقدار احتمال بزرگتر از ۰/۰۵ است بنابراین دلیلی برای رد فرضیه صفر وجود ندارد و همهٔ متغیرها مانا هستند.

جدول ٤. نتایج آزمون ریشه واحد هادری و رائو (۲۰۰۸) برای متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	مقادیر بحرانی در سطوح اطمینان مختلف				P-Value	آماره ایستایی	نتیجه
	۹۹٪	۹۷/۵ ٪	۹۵٪	۹۰٪		HR	
لگاریتم شدت انرژی	٥/٩٠	٤/٨٣	٤/٠٥	٣/٢٧	١/٠٠٠	٠/١٩٥	ایستا
لگاریتم قیمت برق	٢/٩٢	٢/٢٨	١/٧٨	١/٢٩	٠/٥٧١	٠/٢٥٥	ایستا
لگاریتم قیمت گاز	٢/٦١	١/٩٨	١/٥٣	١/١٠	٠/٧٣٧	٠/١٣٠	ایستا
لگاریتم شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی	١/٣٩	١/١٠	٠/٨٦	٠/٦٤	٠/٦٧٦	٠/١٢٣	ایستا
لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه	٨/٥٢	٦/٩٦	٥/٧٣	٤/٥٩	١/٠٠٠	٠/٢٦١	ایستا
لگاریتم قیمت نیروی‌کار	٨/٣٠	٦/٧٥	٥/٥٧	٤/٣٨	١/٠٠٠	٠/٢٣٧	ایستا
لگاریتم قیمت سرمایه	٣/٥٥	٢/٧١	٢/٠٤	١/٤٥	٠/٧٨٠	٠/١٤٥	ایستا

مأخذ: یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار گوس ۱۰

1. Peron
2. Holmes

گام بعدی برآورد و تخمین مدل تحقیق برای بررسی تأثیر متغیرهای در نظر گرفته شده بر شدت مصرف انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ و بررسی همگرایی شدت انرژی در این صنایع می‌باشد. در اینجا از تکنیک گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی تک مرحله‌ای که توسط آرلانو و باور (۱۹۹۵) و بلاندل و باند (۱۹۹۸) استفاده شده است. علت انتخاب این تکنیک این است که طبق معادله (۴) وقفه متغیر وابسته در مدل وجود دارد. نتایج به دست آمده در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵. نتایج تخمین الگو برای صنایع نه گانه ایران طی دوره زمانی ۱۳۷٤ تا ۱۳۹٤

متغیر	ضرایب	آماره Z	مقدار احتمال
عرض از مبدا	۳/٦۸۹۸	۲/۷۹	۰/۰۰
لگاریتم وقفه شدت انرژی (۱-)	۰/۵۹۰۳	۷/٦۵	۰/۰۰
لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه به قیمت ثابت	-۰/۱۲٦۸	-۲/۰۲	۰/۰٤
لگاریتم قیمت برق	-۳/٦۰۲۰	-۵/٦٤	۰/۰۰
لگاریتم قیمت گاز	۱/٤۹۰۲	۵/٦۰	۰/۰۰
لگاریتم شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی	-۰/٤۸۲۳	-۲/۸۵	۰/۰۰
لگاریتم قیمت نیروی کار	۰/٦۱۱۱	۲/۵۷	۰/۰۱
لگاریتم قیمت سرمایه	۱/۵۱۲۹	٤/۱۰	۰/۰۰
آماره سارگان	۷۲/۲۸۹۳		۰/۸۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار استتا ۱٤

طبق نتایج جدول (۵) لگاریتم مخارج تحقیق و توسعه[1] معنادار و با علامت منفی بوده که معرف این مورد است که افزایش مخارج تحقیق و توسعه، در کاهش شدت مصرف انرژی مؤثر بوده است. پیشرفت تکنولوژی امکان افزایش کارایی انرژی را فراهم نموده است.

متغیر لگاریتم قیمت برق و قیمت فرآورده‌های نفتی دارای ضریب منفی و معنادار در مدل برآورد شده هستند که حاکی از تأثیر منفی این متغیر بر شدت مصرف انرژی می‌باشد (با افزایش قیمت این حامل‌ها شدت مصرف انرژی کاهش می‌یابد). لگاریتم قیمت گاز داری ضریب مثبت و معنادار بوده و تأثیر مثبت بر شدت مصرف انرژی داشته است که خلاف انتظارات ما می‌باشد.

مشاور وزیر نفت با اشاره به برنامه جایگزین کردن گاز به جای سوخت مایع در صنایع اعلام کرد: شرکت پخش نفتی به صنایع واجد شرایط اخطار می‌دهد و این واحدها سه ماه

1. Research and Development(R&D)

برای جایگزین کردن گاز به جای سوخت مایع فرصت دارند. وی در تشریح سیاست‌های جدید جایگزینی گاز طبیعی به جای فرآورده‌های نفتی در سبد سوخت و انرژی کشور گفت: همزمان با افزایش ظرفیت تولید گاز طبیعی، با افزایش گازرسانی به صنایع و نیروگاه‌ها مصرف سوخت مایع در این واحدها محدود می‌شود. مشاور وزیر نفت با بیان اینکه ۲۰ هزار واحد صنفی در کشور باید به سمت استفاده از گاز طبیعی گرایش پیدا کنند، تصریح کرد: در حال حاضر انرژی حرارتی هر متر مکعب گاز طبیعی برابر یک لیتر از فرآورده‌های نفتی همچون گازوئیل است که ضمن مقرون به صرفه بودن از آلودگی محیط زیست می‌کاهد (خبرگزاری مهر دنیای اقتصاد ۱۳۹۷/۱۱/۲۴). در مدل مورد بررسی در این پایان‌نامه سیاست جایگزینی گاز به جای سوخت مایع در نظر گرفته نشده است و این خود می‌تواند دلیل توجیه‌کننده‌ای برای مثبت بودن ضریب لگاریتم قیمت گاز باشد.

مطابق جدول (۵)، لگاریتم قیمت نیروی‌کار و سرمایه معنادار بوده و تأثیر مثبت بر شدت مصرف انرژی داشته است و این نتیجه حاکی از این مورد است که با افزایش قیمت نیروی‌کار و سرمایه، انرژی جایگزین این عوامل تولید شده و در نتیجه شدت مصرف انرژی افزایش می‌یابد همان‌گونه که در فصل سه بیان شد در صورتی که قیمت نیروی‌کار و سرمایه نسبت به نهاده انرژی بالاتر باشد و به عبارتی دیگر انرژی به طور نسبی نهادهٔ ارزان‌تری باشد، تمایل به جایگزینی نهادهٔ انرژی به جای سایر نهاده‌ها بیشتر خواهد بود.

اهمیت آماری آزمون همگرایی شدت انرژی از این جهت است که می‌تواند بررسی کند که آیا سرریز بین بخش‌ها و صنایع از نظر تکنولوژی و مدیریتی اتفاق افتاده است یا خیر و در تعیین سیاست‌گذاری مهم است. همان‌طور که در مبانی نظری بیان شد اگر (ضریب β) منفی و به لحاظ آماری معنادار باشد شواهدی بر همگرایی وجود خواهد داشت و در صورت مثبت بودن واگرایی وجود دارد و چنانچه به لحاظ آماری معنادار نباشد نه همگرایی و نه واگرایی وجود دارد. طبق جدول (۵) ضریب شدت انرژی مثبت بوده که طبق معادله بازنویسی شده (۴) این ضریب $\beta+1$ است، بنابراین $\beta + 1 =$ ۰/۵۹ و مقدار $\beta =$ −۰/۴۱ است. بنابراین همگرایی در شدت انرژی بین صنایع کارخانه‌ای وجود دارد و صنایع با شدت انرژی بالا به سمت صنایع با انرژی‌بری کمتر همگرا هستند. نتایج این پژوهش منطبق با نتایج مطالعات کریمو و همکاران (۲۰۱۷)، میشرا و اسمیت (۲۰۱۷) و هوانگ و همکاران (۲۰۱۹) بوده است.

برای اطمینان درخصوص مناسب بودن روش گشتاور تعمیم‌یافته سیستمی برای برآورد مدل از آزمون سارگان استفاده می‌شود. از این آزمون برای تشخیص اعتبار و صحت متغیرهای ابزاری و بررسی اعتبار کل ابزارهای به کار رفته در تخمین استفاده می‌شود. فرضیه صفر این آزمون بیانگر معتبر بودن ابزار می‌باشد و چنانچه مقدار احتمال محاسباتی بالاتر از ۰/۰۵ باشد درنتیجهٔ آن فرضیه صفر پذیرفته می‌شود. نتایج ارائه شده در جدول (۵) بیانگر معتبر بودن ابزار و عدم رد فرضیه صفر آزمون سارگان می‌باشد.

٦. جمع‌بندی و پیشنهادات

هدف از این مقاله بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران است. برای این منظور الگوی اقتصادسنجی طراحی شده و با استفاده از روش گشتاور تعمیم‌یافته سیستمی برای صنایع نه‌گانه ایران طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۷۴ برآورد شده است. قبل از برآورد مدل آزمون وابستگی مقطعی و ریشه واحد انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که همگرایی شدت انرژی در بین صنایع کارخانه‌ای وجود دارد. با توجه به اینکه اغلب تکنولوژی‌های مورد استفاده در کشور وارداتی و امکان جایگزینی آن اندک است، آنچه بیشتر موجب همگرایی شدت انرژی بین صنایع شده است، سرریزهای مدیریتی در قالب استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی و بهره‌وری مصارف انرژی و سیاست‌های دولت است که توانسته زیربخش‌های با شدت انرژی بالا را به زیربخش‌های با شدت انرژی پایین همگرا کند.

بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش دولت باید در اتخاذ سیاست‌های حمایتی و تکنولوژیکی به منظور بسط و انتشار دانش و تکنولوژی صنعتی همچنان کمک کند و همچنین از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در کارایی و بهره‌وری انرژی حمایت کند.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران محترم که با نظرات ارزشمندشان باعث بهبود کیفیت مقاله شده‌اند، سپاسگزارند.

ORCID

Zahra Dehghan Shabani https://orcid.org/0000-0002-1019-4983
Ebrahim Hadian https://orcid.org/0000-0003-4555-6726
Seiyedeh Masumeh Mousavi Borazjani https://orcid.org/0000-0003-4561-077X

۹. منابع

ابریشمی، حمید، مهرآرا، محسن، غنیمی‌فر، حجت‌اله و کشاورزیان، مریم. (۱۳۸۷). اثرات نامتقارن قیمت نفت بر رشد کشورهای OECD. *تحقیقات اقتصادی*، شماره (۲)۴۳، صفحات ۱۶-۱.

بهبودی، داوود و اصلانی‌نیا، نسیم و سجودی، سکینه. (۱۳۸۹). تجزیه شدت انرژی و بررسی عوامل مؤثر بر آن در اقتصاد ایران. *مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۶، صفحات ۱۳۰-۱۰۵.

حمیدی‌رزی، داوود. (۱۳۹۲). *بررسی همگرایی شدت انرژی در بین کشورهای اوپک در حضور شکست‌های ساختاری (یک رویکرد دوجانبه)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی دانشگاه ارومیه.

کریمی تکانلو، زهرا، صادقی، کمال، پورعبادالهان کویچ، محسن و موسویان، مهدی. (۱۳۹۵). بررسی همگرایی باشگاهی در کارایی انرژی صنایع کارخانه‌ای استان‌های ایران با استفاده از ماتریس احتمال انتقال مارکوف فضایی. *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۵۱، صفحات ۱۷۹-۱۵۱.

کفایی، محمدعلی، خسروی، عاطفه. (۱۳۹۶). بررسی همگرایی بهره‌وری انرژی استان‌های ایران: رویکرد اقتصادسنجی فضایی. پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار. شماره (۲)۱۷. صفحات ۱۹۷-۱۷۷.

نمازپور، منصوره. (۱۳۹۵). *بررسی همگرایی شدت انرژی بین کشورهای عضو اکو*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم اقتصادی/گرایش توسعه اقتصادی و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز.

References

Akram, V., Rath, B. N. & Sahoo, P. K. (2020). Stochastic conditional convergence in per capita energy consumption in India. *Economic Analysis and Policy*, Vol. 65, pp. 224-240.

Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *The quarterly journal of economics*, Vol. 106(2), pp. 407-443.

Barro, R. J. & Sala-i-Martin, X. (1990). Public finance in models of economic growth. No. 3362, May 1990, *Economic Growth and Convergence Across the United States*, (3419).

Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of econometrics*, Vol. 87(1), pp.115-143.

Blundell, R., Bond, S., & Windmeijer, F. (2001). Estimation in dynamic panel data models: improving on the performance of the standard GMM estimator. *In Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels* (pp. 53-91). Emerald Group Publishing Limited.

Breitung, J. & Das, S. (2005). Panel unit root tests under cross-sectional dependence. *Statistica Neerlandica*, Vol. 59(4), pp. 414-433.

Breusch, T. S. & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The Review of Economic Studies*, Vol. 47(1), pp. 239-253.

Fisher-Vanden, K., Jefferson, G. H., Liu, H. & Tao, Q. (2004). What is driving China's decline in energy intensity?. *Resource and Energy economics*, 26(1), pp. 77-97.

Hadri, K. (2000). Testing for stationarity in heterogeneous panel data. *The Econometrics Journal*, Vol. 3(2), pp. 148-161.

Hadri, K. & Rao, Y. (2008). Panel stationarity test with structural breaks. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, Vol. 70(2), pp.245-269.

Hajko, V. (2014). The energy intensity convergence in the transport sector. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 12, pp. 199-205.

Herrerias, M. J. (2012). World energy intensity convergence revisited: A weighted distribution dynamics approach. *Energy policy*, Vol. 49, pp. 383-399.

Huang, J., Zheng, X., Wang, A. & Cai, X. (2019). Convergence analysis of China's energy intensity at the industrial sector level. *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 26(8), pp. 7730-7742.

Im, K. S., Pesaran, M. H. & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, Vol. 115(1), pp. 53-74.

Ivanovski, K., Churchill, S. A. & Smyth, R. (2018). A club convergence analysis of per capita energy consumption across Australian regions and sectors. *Energy Economics*, Vol. 76, pp. 519-531.

Karimu, A., Brännlund, R., Lundgren, T. & Söderholm, p. (2017). Energy intensity and convergence in Swedish industry: A combined econometric and decomposition analysis. *Energy Economics*, Vol. 62, pp. 347-356.

Levin, A., Lin, C. F. & Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*, Vol.*108*(1), pp. 1-24.

Miketa, A., & Mulder, p. (2005). Energy productivity across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors: patterns of growth and convergence. *Energy Economics*, Vol.*27*(3), pp. 429-453.

Mishra, V., & Smyth, R. (2017). Conditional convergence in Australia's energy consumption at the sector level. *Energy Economics*, Vol. 62, pp. 396-403.

Mulder, p., & de Groot, H. L. (2012). Structural change and convergence of energy intensity across OECD countries, 1970-2005. *Energy Economics*, Vol. 34(6), pp. 1910-1921.

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels.

Shaozhou, Q., & Li, K. (2011). The Convergence Analysis on the Economic Growth and Energy Intensity Gap between Regional Sectors. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, Vol. 9(3), pp. 33-46.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: دهقان‌شبانی، زهرا، هادیان، ابراهیم، موسوی برازجانی، سیده معصومه. (۱۳۹۹). بررسی همگرایی شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۳۶ (۹)، ۴۹-۷۱.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.