

Research Article

The Impact of Demographic, Economic, and Environmental Urbanization on Water, Food, and Energy Systems in Iran

Rostam Saberifar^{*} 

Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Law and Social Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran

Absratct

Background and Purpose: The pattern of living and settlement in Iran has undergone an unimaginable transformation during the last century. This pattern has reached the stage of urbanization from nomadism. This development has intensified the pressure on resources. To test this assumption, a comprehensive NU evaluation index system is developed. This system encompasses five key dimensions: population, economy, space, society, and ecological environment, further enriching the research on NU. In this study, the amount of pressure caused by urbanization on water, energy, and food systems in different provinces of the country was evaluated.

Methodology: For this purpose, the descriptive and analytical method was used. The required data were obtained from the energy balance sheet, Iran Statistical Center, Central Bank, and Ministry of Energy. For the evaluation to be done accurately and reliably, an attempt was made to construct indicators related to urbanization in economic, spatial, social, and environmental dimensions. The collected data for each province of Iran were ranked by the entropy weighting method. Finally, using the fixed effects model, the consequences of each range were analyzed.

Findings and Discussion: Finally, using the fixed effects model, the consequences of each range were analyzed. The findings showed that urbanization affects the pressure on the water, energy, and food systems and can be shown as an inverted U-shaped curve. The current position of this relationship is that it has passed the turning point of the curve. The difference between regions should be related to their economic development levels. The main reason for this effect is that the central region contains four urban complexes with a very important level of economic development (including Tehran, Karaj, Qom, and Isfahan). High economic density leads to the spatial accumulation of human resources and financial capital and the knowledge spillover effect, and causes the spatial reconfiguration of production factors. In this situation, the cost of innovation has been significantly reduced, the efficiency of using resources has been improved, and the same conditions reduce the pressure on the water, energy, and food systems. Typically, when urbanization is growing, better educational opportunities are provided, and social and civic infrastructures are prepared to increase residents' environmental awareness and encourage them to adopt environmentally friendly behaviors. Water: The regression coefficient of the effect of urbanization on water is positive at the level of 5% and shows a high effect. The results show that this process intensifies the pressure on water resources. Energy: The regression coefficient determined the critical value of 0.246. Comparing this value with the average urbanization shows that the overall level of urbanization has exceeded the critical value. The negative relationship between the degree of urbanization and regional energy is confirmed. Food: The regression coefficient of urbanization with a critical value of 0.511 shows a significant U-shaped effect on food, but the overall level of urbanization has not exceeded the critical value. This indicates that urbanization at the current level has helped to reduce the pressure on the regional food system.

Conclusion: The estimated coefficients for population urbanization and social urbanization were 23.692 and 24.703, respectively. These coefficients have been confirmed at a significant level of 5% and 1%. It is clear that both significantly increase the pressure on the water, energy, and food systems, which, of course, is the effect of social urbanization more than the other. The estimated coefficients for economic urbanization and spatial urbanization were -217.82 and -67.895, respectively, both of which are statistically significant at the 1% confidence level. In terms of the absolute value of the coefficients, economic urbanization is greater than spatial urbanization, which shows that this phenomenon has the greatest effect on reducing the pressure on the regional water, energy, and food system. It is very important that although the estimated coefficient for environmental urbanization is negative (-5.5982), it is not statistically significant. So the main conclusions drawn in this paper are as follows: During the study period, the level of NU in various provinces in Iran showed a continuous upward trend, with the rate of increase slowing down. The impact of NU on WEFSP crossed the curve's inflection point; that is, the increase in NU level positively affected the mitigation of the WEFSP. These research findings remain valid even after undergoing a battery of robustness tests, indicating good robustness of the conclusions. The impact of NU on WEFSP exhibited regional heterogeneity and structural heterogeneity. NU had a significant inverted "U-shaped" effect on WEFSP in the western regions, while the impact on the remaining areas was not significant.

Keywords: Available Resources, Iran, Kuznets Curve, Urbanization, Water Stress

Citation: Saberifar, R., 2025. The Impact of Demographic, Economic and Environmental Urbanization on Water, Food and Energy Systems in Iran. *Development of Geographical Environment*, 7(12), 14-27. <https://doi.org/10.48308/sdge.2024.236330.1202>

Received:29/07/2024

Revised:14/08/2024

Accepted:03/09/2024

* Corresponding Author's Email: r_saberifar@pnu.ac.ir



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

اثرات شهرنشینی جمعیتی، اقتصادی و محیط‌زیستی بر سیستم آب، غذا و انرژی در ایران

رستم صابری فر * 

گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده حقوق و علوم اجتماعی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و هدف: الگوی سکونت و سکونتگاه‌ها در ایران، طی سده گذشته دچار تحول غیرقابل تصویری شده است. این الگو از کوچ‌نشینی به مرحله شهرنشینی رسیده است. این تحول، فشار بر منابع را تشدید کرده است. برای آزمون این فرض، یک سیستم ارزیابی جامع برای شهرنشینی جدید تشکیل شد. این سیستم شامل پنج بُعد کلیدی است: جمعیت، اقتصاد، فضا، جامعه و محیط زیست، که تحقیقات در مورد دانشگاه نوادا را غنی‌تر می‌کند. در این بررسی، میزان فشار ناشی از شهرنشینی بر سیستم‌های آب، انرژی و غذا در استان‌های مختلف کشور ارزیابی شد.

روش‌شناسی: برای آزمون فرض مطرح شده، از روش توصیفی و تحلیلی استفاده شد. داده‌های مورد نیاز از ترازنامه انرژی، مرکز آمار ایران، بانک مرکزی و وزارت نیرو جمع‌آوری شد. برای اینکه ارزیابی به صورت دقیق و قابل اعتمادی انجام و تلاش شد تا شاخص‌های مرتبط با شهرنشینی در ابعاد اقتصادی، فضایی، اجتماعی و زیست‌محیطی ساخته شود. داده‌های جمع‌آوری شده برای هر استان ایران با روش وزن‌دهی آنتروپی رتبه‌بندی شدند. در نهایت، با استفاده از مدل اثرات ثابت، پیامدهای هر محدوده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها و بحث: در این بررسی، با استفاده از مدل اثرات ثابت، پیامدهای هر محدوده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که شهرنشینی فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را متاثر ساخت و این تأثیر را می‌توان به صورت یک منحنی U شکل معکوس نشان داد. وضعیت فعلی این رابطه به این صورت است که از نقطه عطف منحنی عبور کرده است. تفاوت بین مناطق باید به سطوح توسعه اقتصادی آنها مربوط باشد. دلیل اصلی این تأثیر این است که منطقه مرکزی شامل چهار مجموعه شهری با سطح توسعه اقتصادی بسیار مهم (شامل تهران، کرج، قم و اصفهان) است. اساساً، تراکم اقتصادی بالا منجر به تجمع فضایی منابع انسانی و سرمایه مالی و اثر سرریز دانش می‌شود و این امر، باعث بازآرایی فضایی عوامل تولید می‌گردد. در این وضعیت، هزینه نوآوری به طور قابل توجهی کاهش یافته، کارایی استفاده از منابع بهبود یافته و همین شرایط، فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را کاهش می‌دهد. به طور معمول، هنگامی که روند شهرنشینی در حال رشد باشد، فرصت‌های آموزشی بهتری فراهم می‌شود و زیرساخت‌های اجتماعی و مدنی برای افزایش آگاهی زیست‌محیطی ساکنان و تشویق آنها به اتخاذ رفتارهای سازگار با محیط زیست آماده می‌شود. آب: ضریب رگرسیون تأثیر شهرنشینی بر آب در سطح ۵٪ مثبت است و تأثیر بالایی را نشان می‌دهد، این فرآیند فشار بر منابع آب را تشدید می‌کند. انرژی: ضریب رگرسیون مقدار بحرانی ۰/۲۴۶ را نشان می‌دهد. مقایسه این مقدار با میانگین شهرنشینی نشان می‌دهد که سطح کلی شهرنشینی از مقدار بحرانی فراتر رفته است. در واقع، رابطه منفی بین درجه شهرنشینی و انرژی منطقه‌ای تأیید می‌شود. در بخش غذا: ضریب رگرسیون شهرنشینی با مقدار بحرانی ۰/۵۱۱ تأثیر U شکل قابل توجهی بر غذا را نشان می‌دهد، اما در این بخش، سطح کلی شهرنشینی از مقدار بحرانی فراتر نرفته است. این امر نشان می‌دهد که شهرنشینی در سطح فعلی به کاهش فشار بر سیستم غذایی منطقه‌ای کمک کرده است.

نتیجه‌گیری: ضرایب تخمینی برای شهرنشینی جمعیتی و شهرنشینی اجتماعی به ترتیب ۲۳/۶۹۲ و ۲۴/۷۰۳ محاسبه شد. این ضرایب در سطح معنی‌داری ۵٪ و ۱٪ تأیید شده و مشخص ساخت که هر دو به طور قابل توجهی فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را افزایش داده‌اند که البته تأثیر شهرنشینی اجتماعی بیشتر از دیگری بوده است. ضرایب تخمینی برای شهرنشینی اقتصادی و شهرنشینی فضایی به ترتیب منهای ۲۱۷/۸۲ و منهای ۶۷/۸۹۵ بودند که هر دو در سطح اطمینان ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار هستند. از نظر قدر مطلق ضرایب، شهرنشینی اقتصادی بیشتر از شهرنشینی فضایی است که نشان می‌دهد این پدیده بیشترین تأثیر را در کاهش فشار بر سیستم آب، انرژی و غذای منطقه‌ای دارد. نکته بسیار مهم این است که اگرچه ضریب تخمینی برای شهرنشینی محیطی منفی است (منهای ۵/۵۹۸۲)، اما این مقدار از نظر آماری معنی‌دار نیست. بنابراین، نتایج اصلی به‌دست آمده در این مقاله به شرح زیر است: در طول دوره مورد مطالعه، سطح و میزان شهرنشینی در استان‌های مختلف ایران روند صعودی مداومی را طی نموده ولی سرعت افزایش در حال کاهش بوده است. تأثیر شهرنشینی بر سیستم آب، غذا و انرژی از نقطه عطف منحنی عبور کرد؛ یعنی افزایش سطح شهرنشینی تأثیر مثبتی بر کاهش سیستم آب، غذا و انرژی داشته است. این یافته‌ها، حتی پس از انجام مجموعه‌ای از آزمون‌های پایداری، معتبر باقی می‌مانند که نشان‌دهنده پایداری خوب نتیجه‌گیری‌هاست. تأثیر شهرنشینی بر آب، غذا و انرژی ناهمگونی منطقه‌ای و تفاوت‌های ساختاری را مشخص می‌سازد. علاوه بر آن، شهرنشینی تأثیر معکوس "U شکل" قابل توجهی بر سیستم آب، غذا و انرژی در مناطق غربی داشته است، در حالی که تأثیر آن بر سایر مناطق قابل توجه نبوده است.

واژه‌های کلیدی: ایران، تنش آبی، شهرنشینی، منابع در دسترس، منحنی کوزنتس

استناد: صابری فر. ر.، ۱۴۰۴. اثرات شهرنشینی جمعیتی، اقتصادی و محیط‌زیستی بر سیستم آب، غذا و انرژی در ایران، توسعه پایدار محیط جغرافیایی،

<https://doi.org/10.48308/sdge.2024.236330.1202>، ۱۴-۲۷، (۱۲)۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳

بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴

دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸

* رایانامه نویسنده مسئول: r_saberifar@pnu.ac.ir



مقدمه

مطابق پیش‌بینی‌ها، تا سال ۲۰۳۰، ۵ میلیارد نفر در شهرها زندگی خواهند کرد. در بسیاری از کشورها، نرخ شهرنشینی طی ۲۰ سال اخیر از حدود ۳۰ درصد به بیش از ۶۰ درصد رسیده است (Xia, et al., 2024). این روند تنها در زمینه جمعیت نبوده، بلکه محدوده‌های اختصاص‌یافته به پهنه‌های شهری نیز چنین رشدی را تجربه کرده‌اند. این تحول در ایران چالش برانگیزتر بوده است. به طوری که طبق آخرین سرشماری رسمی، نسبت جمعیت شهری ایران از مرز ۷۴ درصد فراتر رفته است. در واقع، درصد شهرنشینی که در ۱۳۳۵ کمتر از ۳۲ درصد بود، به بیش از دو برابر افزایش یافته است. به طور کلی، نظام معیشت و سکونتگاهی ایران از یک جامعه ایلی مبتنی بر رمة گردانی در قبل از ۱۳۰۰، به نظام زراعی-شبابی روستانشین، بعد به شهرنشینی در دهه‌ی ۱۳۶۰ و در نهایت به کلان‌شهرنشینی مبتنی بر صنعت در دوره ۱۳۸۵ رسیده است (Saberifar and Pilevar, 2023). این تحول، بسیاری از بنیان‌های طبیعی به خصوص سیستم آب، انرژی و غذا^۱ را متاثر ساخته است. شرایطی که دسترسی به توسعه اجتماعی-اقتصادی و در نهایت توسعه پایدار را غیرممکن نموده است. شرایطی که می‌طلبد، طرح‌های دقیق و مشخصی برای جلوگیری از این روند، به مرحله اجرا درآید. علی‌رغم این که کشورهایی با شرایط ایران، طرح‌های نوآورانه‌ای را در این ارتباط به اجرا گذاشته‌اند (Xia, et al., 2024)، اما در کشور ما، خبری از چنین خلاقیت‌هایی نیست. این در حالی است که شهرنشینی، ابعاد و اجزای مختلفی دارد که هریک از آنها نیازمند سیاست، استراتژی و برنامه‌های اجرایی خاصی می‌باشد. در مجموع، پنج بعد مختلف شهرنشینی که بایستی به صورت کامل منفک و در باره آن اندیشیده شود، عبارتند از:

شهرنشینی جمعیتی^۱ که عمدتاً به میزان جمعیت و توزیع آن در یک پهنه جغرافیایی تاکید دارد؛ بعد دیگر، شهرنشینی اقتصادی^۲ است که در آن صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس مورد تاکید می‌باشد. سومین بعد، شهرنشینی فضایی^۳ است و شامل پهنه‌های ساخته شده و یا اشغال شده توسط سکونتگاه‌های شهری است (Cai, et al., 2021). یکی از ابعادی که محاسبه و تعیین آن با مشکل بیشتری روبروست، شهرنشینی اجتماعی^۴ می‌باشد که به نوعی عدالت اجتماعی و توزیعی را در بر می‌گیرد. در نهایت، بعد پنجم به شهرنشینی محیط‌زیستی^۵ مربوط است که مشخص کننده کیفیت زندگی شهروندان بوده و یا حداقل مستقیماً بر آن اثرگذار است. در حقیقت، این ابعاد همانند مولفه یک معادله ریاضی است که اگر به هریک از آنها به اندازه اهمیت و جایگاهشان توجه نشود، به معنای ورود یک صفر در این معادله بوده و جواب نهایی صفر خواهد شد.

در واقع، در ایران نه تنها شهرنشینی لجام گسیخته کنترل نشده، بلکه دستیابی به توسعه پایدار، متوازن و هماهنگ با زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، در عمل کمتر مدنظر بوده است. شهرنشینی در ایران نیز همچون اغلب کشورهای در حال توسعه، عمدتاً به شکل تراکم جمعیت است. این امر، منجر به مسائلی مانند عدم تعادل منطقه‌ای در توسعه، کمبود منابع و نابودی محیط زیست می‌شود. مطالعات نشانگر آن است که بیش از نیمی از مناطق شهری جهان و از جمله ایران با کمبود آب مواجه بوده و منابع زیرزمینی آلوده و یا در مرز شوری قرار دارند (Ghabishavi, et al., 2021). در این کشور، مشکل مناطق شهری این است که مصرف انرژی در این نقاط بسیار بالاست و این روند همچنان رو به رشد است و یکی از عوامل اصلی محدود کننده توسعه پایدار، محسوب می‌شود. اختصاص اراضی بیشتر به پهنه‌های ساخته شده، فشار بر اراضی موجود را دوچندان کرده و این امر تولید مواد غذایی را با مشکل مواجه ساخته است (Brzegar, 2012). بنابراین، ضروری است تا در الگوهای شهرنشینی تجدید نظر اساسی روی دهد (Zhu, et al., 2021). به این منظور، بایستی بررسی‌های بیشتر و اساسی‌تری به انجام برسد تا از این طریق، بهره‌برداری کارآمدتری از منابع موجود و دسترسی به توسعه پایدار ممکن شود. علی‌رغم آن که ادعا می‌شود تمام مناطق ایران با مشکلاتی از این نوع روبرو می‌باشند، اما به نظر می‌رسد شرایط در همه جا یکسان نبوده و نیاز است ضمن تعیین این تفاوت‌ها، دلایل و راهکارهای ممکن تبیین و تشریح شوند. به همین دلیل، این مطالعه انجام گرفت تا مشخص شود که آیا این تفاوت وجود دارد و یا خیر؟ و دلایل این امر چیست؟

با توجه به سوالات مطرح شده، تاکنون مطالعه‌ای که به همه این ابهامات پاسخ داده باشد، به انجام نرسیده‌است. با این وجود مطالعاتی موجود می‌باشد که به برخی از ابعاد شهرنشینی و حتی پیامدهای ناشی از آن پرداخته‌اند. اما اغلب این تحقیقات از کمی‌سازی این پیامدها غفلت کرده و حتی در صورت مدنظر قرار دادن چنین روندی، تنها به یک یا چند بعد محدود تاکیده نموده‌اند. برای این که مشخص شود محققان قبلی تا کجا پیش‌رفته و کمبودهای موجود در کدام بخش-هاست، برخی از این بررسی‌ها در دو بخش ایرانی و خارجی معرفی می‌شوند.

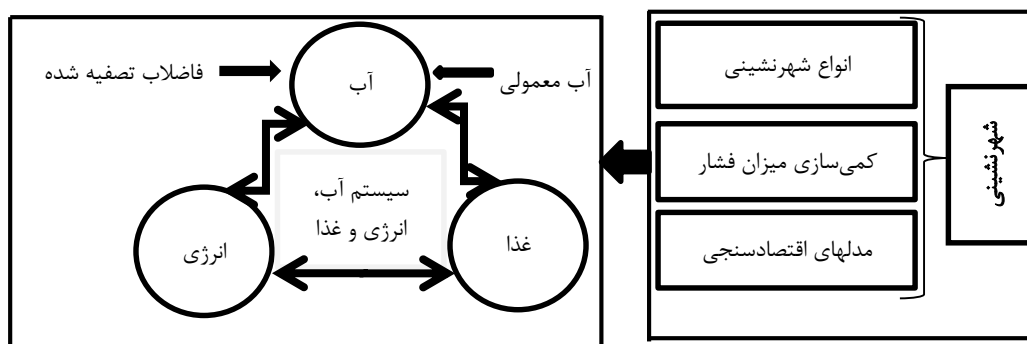
مطالعات صورت گرفته در ایران در ارتباط با تأثیر شهرنشینی بر محیط‌زیست و منابع به خصوص در رویکرد کمی، چندان زیاد نیست. حتی در همین تعداد محدود نیز تنها یک یا دو پارامتر مدنظر بوده‌است و پیامدهای ناشی از رشد شهرنشینی بر مواد غذایی کمتر از انرژی است. در بخش مربوط به آب، در یکی از پژوهش‌ها اعلام شده‌است که نتایج تخمین مدل دوربین فضایی نشان می‌دهد که جمعیت شهرنشین با ضریب $0.004/0.004$ و مجذور جمعیت شهرنشین با ضریب $0.000004/0.000004$ در استان‌های ایران بر شاخص آلودگی آب، تأثیر مثبت و منفی دارند. شرایطی که فرضیه منحنی محیط‌زیستی کوزنتس^۶ در زمینه آلودگی آب در استان‌های ایران را تایید می‌کند (Ghobishavi, et al., 2021).

در ارتباط با اثرگسترش شهرنشینی بر انرژی، تحقیقات متنوع‌تری به انجام رسیده‌است. به عنوان مثال، در پژوهشی با عنوان تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی در استان‌های ایران: رویکرد داده‌های تابلویی فضایی، نتیجه‌گیری شد که رابطه U شکل معکوسی میان شهرنشینی و مصرف انرژی وجود دارد (Dehghan Shabani, et al., 2019). در همین راستا، و در تحقیقی تحت عنوان بررسی ارتباط بین شهرنشینی و مصرف انرژی در استان‌های ایران با به کارگیری الگوی STIRPAT تعمیم‌یافته، مشخص گردید که شهرنشینی در کوتاه مدت و بلندمدت بر مصرف انرژی تأثیر مثبتی دارد (Karimi, & Heydarian, 2016). در مطالعه‌ای که از طریق مدل داده‌های تابلویی انجام شد، نتیجه‌گیری شد که شهرنشینی بر افزایش مصرف انرژی اثرگذار است (Shafiian, et al., 2015). در مطالعه‌ای با نام «ارتباط امنیت غذایی با جمعیت شهرنشین و برنامه‌های توسعه (مطالعه موردی: ایران)» با استفاده از الگوی سری زمانی نسبت به سنجش این ارتباط اقدام شد (Salem, 2016). در بخش مربوط به آب، تولید کشاورزی و مواد غذایی، مطالعات صورت گرفته نشان داد که تغییر کاربری زمین در شیراز علاوه بر کاهش جدی محصولات کشاورزی و باغی، نیاز به آب را ۱۵ برابر و انرژی را ۷۰ برابر نموده‌است (Barzegar, 2012).

در ارتباط با اثر شهرنشینی بر سیستم آب، غذا و انرژی، مطالعات خارجی وسیع‌تر و متنوع‌تر هستند. در قدیمی‌ترین مطالعه در این حوزه، نسبت به معرفی سیستم شاخص اندازه‌گیری کلان‌شهرنشینی بر اساس ابعاد جمعیت‌شناختی، اقتصادی، اجتماعی و فضایی اقدام و مشخص شد که از این طریق، می‌توان اثر رشد شهرنشینی را بر ابعاد محیط زیستی و کشاورزی اندازه‌گیری کرد (Cai, et al., 2012). در بررسی‌های بعدی، تأثیرات شهرنشینی بر محیط زیست بر اساس ابعاد جمعیتی، اقتصادی و اجتماعی مورد توجه قرار گرفت (Yu, 2021). در همین سال و در تحقیق دیگری، رابطه مستقیم بین گسترش شهرنشینی و امنیت غذایی به تایید رسید و مشخص شد که این دو مقوله در طی سالهای اخیر، همزمان تحولات قابل ملاحظه‌ای را تجربه کرده‌اند (Zhu, et al., 2021).

مطالعات دیگری هم در دست است که به طور تجربی، تأثیر روندهای مختلف شهرنشینی بر تولید مواد غذایی نشان داده‌شده است. یافته‌های این پژوهش‌ها نشان داد که شهرنشینی سریع، تولید مواد غذایی را به شکل معنی‌داری کاهش می‌دهد. ظاهراً این کاهش اولاً به دلیل افت اندازه قطعات مورد استفاده در کشت و کار و دیگری، خروج نیروهای فعال و ورود آنها به مناطق شهری می‌باشد (Hou, 2022). در پژوهشی که با استفاده از روش تحلیل همبستگی پیرسونی انجام شد، مشخص گردید که سرعت رشد شهرنشینی تنش‌های سیستم آب، انرژی و غذا را به شکل معناداری افزایش می‌دهد (Zhang, et al., 2022). در بررسی که میزان شهرنشینی را با استفاده از درصد جمعیت غیرکشاورز شهری نسبت به جمعیت کل شهر، مدنظر داشت، نشان داده شد که ورود جمعیت کشاورز به شهر بر کاهش تولید مواد غذایی موثر است

(Chen, et al., 2023). کسانی که شرایط کلانشهرنشینی را از طریق چهار بعد اساسی جمعیت، محیط زیست، اقتصاد و اجتماع، اندازه گیری کردند، به طور جداگانه تأثیر هریک از این ابعاد را بر بهره گیری از انرژی، شرایط زیست محیطی و کارایی سایر بهره مندی ها برآورد نمودند (Shao and Wang, 2023). در همین سال و در مطالعه ای دیگر، ارتباط بین شهرنشینی سریع و بهره وری کل بخش کشاورزی مورد تأیید قرار گرفت (Liu, 2023). همان طور که از بررسی فوق بر می آید، علی رغم تحقیقات گسترده ای که در این زمینه به انجام رسیده است، می توان ادعا نمود که هنوز هم تنگناهای زیادی در این حوزه مطرح است که بخشی از آنها عبارتند از: تاکنون روش مشخص و دقیقی برای این که معلوم شود چه میزان از رشد پهنه های شهری معمول و کدام میزان غیر عادی تلقی می شود، به دست نیامده است. همچنین تأثیر شهرنشینی سریع تنها بر برخی از ابعاد و زیرسیستم های آب، انرژی و غذا ارزیابی شده و اثر این روند بر کل این سیستم مورد بررسی قرار نگرفته است. به خصوص در این تحقیقات، کیفیت منابع آبی کمتر مدنظر بوده و میزان فشار بر این منابع بررسی نشده است. بر این اساس، می توان مدل نظری تحقیق کنونی را به صورت شکل ۱، ترسیم نمود.



شکل ۱: مدل نظری پژوهش

محدوده مورد مطالعه

محدود مورد مطالعه در این بررسی، همه استان های کشور ایران بوده است. این کشور با یک میلیون و ششصد و چهل و پنج هزار و یکصد و نود و پنج کیلومتر مربع، یکی از وسیع ترین کشورهای جهان محسوب می شود. ایران در ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵ دقیقه الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. طبق آخرین تقسیمات سیاسی، ایران دارای ۳۱ استان است. این بررسی نیز بر اساس شرایط شهرنشینی در هر یک از این استان ها و تأثیر این مقوله بر سیستم آب، انرژی و غذا به انجام رسیده است.

روش ها

این بررسی به شیوه توصیفی-تحلیلی و با هدف کاربردی به انجام رسید. از آنجا که داده ها از منابع مختلف و با مقیاس های متفاوتی گردآوری شده بود، ابتدا نسبت به یکسان سازی آنها اقدام شد. به عنوان مثال، در بخش انرژی همه مواد مصرفی در این بخش و انرژی حاصل از آنها به پتانژول تبدیل و سپس با یکدیگر جمع شده و مصرف کل انرژی محاسبه گردید. با توجه به تنوع داده های مورد نیاز، داده ها از مراجع متعددی گردآوری شد که از مهمترین آنها می توان به آمارنامه های رسمی، داده های منتشر شده از سوی بانک مرکزی، مرکز آمار ایران، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی و ترازنامه انرژی اشاره کرد. برای اندازه گیری هر یک از متغیرهای مورد استفاده در تحقیق، ابعاد و مولفه های مختلفی مدنظر

قرارگرفت. به عنوان مثال، برای تعیین وضعیت شهرنشینی تنها به نسبت جمعیت شهر و روستا اکتفا نشده و پنج بعد اصلی برای ارزیابی وضعیت شهرنشینی به شرح زیر مدنظر قرارگرفت:

اولین بعد شهرنشینی، جمعیتی بود که تعداد مطلق جمعیت و میزان تراکم را شامل می‌شود. در این بخش، ابتدا تعداد جمعیت شهرنشین بر تعداد کل جمعیت استان تقسیم شد و در ۱۰۰ ضرب شد. برای محاسبه تراکم نیز تعداد جمعیت بر مساحت منطقه به کیلومتر مربع تقسیم شد و نفر بر کیلومتر مربع به عنوان شاخص به‌دست آمد.

دومین بعد به شهرنشینی اقتصادی اختصاص داشت. بعدی که عمدتاً به صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس مربوط است. این بعد بخش زیادی از وضعیت زندگی شهروندان به خصوص استانداردهای زندگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این بعد، چهار مولفه اصلی، یعنی درآمدسرانه (تولید ناخالص تقسیم بر کل جمعیت)، ساختار صنعتی (ارزش افزوده بخش صنعتی تقسیم بر تولید ناخالص منطقه ضرب در صد)، سطح مصرف (درآمد قابل تصرف شهروندان تقسیم بر جمعیت ساکن در همان شهر) و سرانه هزینه مصرفی شهروند (هزینه‌های مصرفی تقسیم بر کل جمعیت شهر) مطرح می‌باشد. سومین بعد، شهرنشینی فضایی بود و به پهنه‌های ساخته شده و یا اشغال شده توسط سکونتگاه‌های شهری اشاره داشت. در این بعد، دو مولفه مهم یعنی مقیاس ساخت و ساز شهری (که از تقسیم کل پهنه ساخته شده بر وسعت کل شهر ضرب در صد به دست می‌آید) و شبکه ارتباطی (که سرانه جاده‌های آسفالت‌ه و سرانه وسایل حمل و نقل عمومی را در بر می‌گیرد)، محاسبه گردید.

بعد چهارم، شهرنشینی اجتماعی بود که منصفانه بودن، پایداری، هماهنگی و راحتی را مشخص می‌کرد (Yu, 2021). در این بعد، سه مولفه خدمات عمومی، ثبات شغلی و وضعیت برابری مطرح هستند. برای تعیین مولفه خدمات عمومی، تعداد تخت بیمارستانی به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر، سرانه کتاب (تعداد کتاب‌های موجود در کتابخانه‌های عمومی تقسیم بر تعداد جمعیت شهر)، سهم هزینه‌های آموزشی (هزینه‌های آموزشی تقسیم بر کل هزینه‌های صرف شده در بخش عمومی ضرب در صد)؛ برای ثبات اشتغال، درصد درخواست‌کنندگان شغل (تعداد افرادی که به دنبال شغل بودند، تقسیم به کل شاغلین ضرب در صد) و برای برابری هم نسبت درآمد سرانه قابل تصرف بخش شهری و روستایی مورد محاسبه قرارگرفت.

بعد پنجم به شهرنشینی محیط‌زیستی اختصاص داشت. بعدی که سنگ بنای تولید و زندگی محسوب شده و به طور مستقیم، کیفیت زندگی شهروندان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در بعد محیط‌زیستی وضعیت فضای سبز و کنترل آلودگی وارد محاسبات گردید. در مولفه فضای سبز، نسبت مساحت اختصاص‌یافته به فضاهای سبز و باز اهمیت داشت که از طریق تقسیم کل وسعت فضای سبز شهر بر مساحت بخش ساخته شده ضرب در صد به دست آمد. در همین مولفه، سرانه هزینه‌های سربیزی محاسبه گردید که از تقسیم هزینه‌های مربوط به زیرساخت‌های محیط‌زیستی بر کل تولید ناخالص ضرب در صد بدست آمد. در بخش کنترل آلودگی نیز درصد بازیافت زباله‌های صنعتی و زباله‌های خانگی و تصفیه فاضلاب‌های شهری مدنظر قرارگرفت.

مطابق الگوی مورد اشاره، با تعریف شاخص‌ها و مولفه‌های مورد نیاز، به جای شیوه‌های ذهنی از ابعاد عینی و به طور مشخص تکنیک آنتروپی بهره‌برداری شد که عدم قطعیت کمتری دارد. در مقایسه با روش‌های وزن‌دهی ذهنی، مزیت اصلی روش آنتروپی در سادگی، استفاده مؤثر از اطلاعات موجود، کاهش تأثیر ذهنی تصمیم‌گیرندگان و افزایش عینیت است (Alaei, et al., 2023). در این بخش، ابتدا نسبت به ساخت ماتریس ارزیابی شهرنشینی از طریق جداول داده‌های مقطعی مرتب شده، اقدام و شاخص‌های مربوطه، استانداردسازی شد. در ادامه، کمیت فشار وارده بر سیستم آب، انرژی و غذا، برآورد گردید تا وضعیت تنش ایجاد شده در این سیستم و در هر یک از مناطق تعیین شود. به این منظور، تعیین وضعیت باز چرخانی آب و بهره‌برداری مجدد از آب مصرف شده، مورد بهره‌برداری قرارگرفت تا کیفیت آب مشخص شود. بنابراین، شاخص کامل‌تری با عنوان وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا، شکل گرفت. برای اندازه‌گیری این ابعاد، مدلی بر مبنای منحنی کوزنتس ساخته شد. در منحنی کوزنتس زیست محیطی، ادعا می‌شود که رابطه U شکل معکوسی

بین رشد اقتصادی و سطح آلودگی وجود دارد. یعنی با پیشرفت اقتصادی ابتدا وضعیت محیطی خراب شده و سپس به تدریج با توسعه اقتصادی بیشتر، شرایط زیست محیطی بهبود پیدا می‌کند (Kuznets, 1957). برای این که مشخص شود، رابطه شهرنشینی و وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا چگونه است، از معادله زیر بهره‌برداری شد:

$$WEFSP_{it} = \beta_0 + \beta_1 U_{it} + \beta_2 U_{it}^2 + \sum_{j=1}^J \lambda_j X + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

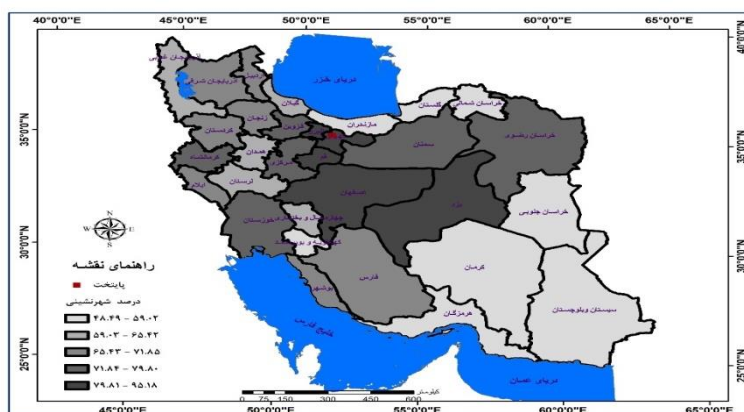
در این معادله $WEFSP_{it}$ میزان فشار وارد بر محیط (آب، انرژی و غذا) است؛ i ، استان مربوطه؛ t ، سال مورد نظر می‌باشد؛ U_{it} ، متغیر اصلی است که با روش وزندهی آنتروپی محاسبه شده است. X ، متغیر کنترل و شامل بارش؛ تعامل با سایر مناطق؛ تراکم سرانه (Kassouri, 2021)؛ سطح تحصیلات و فناوری‌های نوآورانه می‌باشد؛ β_0 ، متغیر رهگیری (ویژگی‌های اختصاصی)؛ β_1 و β_2 ضرایب تخمینی متغیرهای توضیحی، γ_t و μ_i اثرات ثابت زمانی و منطقه‌ای و در نهایت ε_{it} عامل خطای تصادفی را نشان می‌دهد.

داده‌های اصلی برای ۳۱ استان کشور از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ که آخرین سرشماری رسمی ایران بود، از طریق منابع مورد اشاره گردآوری شد. داده‌های مربوط به متغیرهای کنترلی مدل اقتصادسنجی عمدتاً از بولتن منابع آب و مرکز آمار ایران تهیه شدند. در مواردی که به هیچ عنوان منبعی وجود نداشته و یا در بازه‌های زمانی خاص آماری تولید نشده بود، کمبودهای مدنظر با روش درونیابی مرتفع شد. برای اطمینان از دقت مقایسه و حذف تورم و سایر تغییرات خاص، قیمت‌ها به سال پایه ۱۳۷۵ تبدیل شد. برای کاهش پراکندگی داده‌های نمونه، متغیرهای غیر درصدی و یا غیر سرانه، با استفاده از لگاریتم طبیعی تعدیل و تصحیح شدند.

یافته‌ها

مطابق الگوی معرفی شده در بخش روش تحقیق، همه معیارهای مدنظر وارد مدل و شرایط محدوده مورد مطالعه، ارزیابی شد. اما، از آنجا که ارائه همه سطوح شهرنشینی در این بخش ممکن نبود، به عنوان نمونه درصد جمعیت شهرنشین در استان‌ها در شکل ۲، نشان داده شده است. این وضعیت را می‌توان برای سایر تحولات فضایی و زمانی شهرنشینی و ابعاد پنج‌گانه آن در طول دوره مورد بررسی مدنظر قرار داد. مطابق بررسی‌های انجام شده، درصد و سطح شهرنشینی در همه استان‌ها رو به افزایش بوده است. استان‌هایی که در این زمینه پیشرو بوده‌اند، دقیقاً همان‌هایی هستند که بزرگترین شهرهای کشور را در خود جای داده‌اند. در طول دوره مورد مطالعه، سریع‌ترین نرخ رشد شهرنشینی عمدتاً در مناطق مرکزی و غرب کشور بوده است.

وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا: براساس نتایج برآورد شده اثرات ثابت معادله ۱، در جدول ۱ ارائه شده است. در ستون‌های (۱) و (۲)، مدل رگرسیون پایه فقط شامل عبارت خطی شاخص شهرنشینی است. نکته قابل توجه آن است که تأثیر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا، صرف نظر از گنجاندن متغیرهای کنترلی، از نظر آماری معنی‌دار نیست، یافته‌ای که نشانگر آن است که رابطه خطی بین این دو برقرار نمی‌باشد. ستون‌های (۳) و (۴) نتایج مدل رگرسیون پایه را با شهرنشینی و مجذور همین عامل نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، صرف نظر از گنجاندن متغیرهای کنترلی، ضریب رگرسیون شهرنشینی در سطح ۱ درصد مثبت و همین ضریب در مجذور آن، به طور قابل توجهی در همان سطح، منفی است. مطابق منحنی کوزنتس، رابطه U شکل معکوسی، بین شهرنشینی و وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا وجود دارد (شکل ۳).



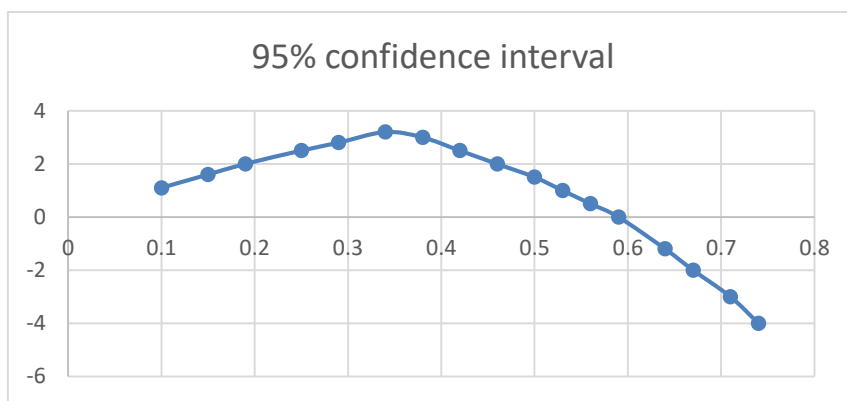
شکل ۲: وضعیت شهرنشینی در استان‌های کشور بر اساس آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵ (منبع: Saberifar and Pilevar, 2023)

با توجه به مدل، جدول ۱، مقدار بحرانی برای اثر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را حدود ۰/۳۲۰ نشان می‌دهد. مقایسه مقدار بحرانی، با میانگین شهرنشینی نشانگر آن است که سطح کلی شهرنشینی ایران، از مقدار بحرانی فراتر رفته‌است. این یافته، وجود یک رابطه منفی بین شهرنشینی و وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذای منطقه‌ای را مشخص نموده و نشان می‌دهد که ایران در شرایط حاضر، در فاز دوم منحنی کوزنتس فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا است.

جدول ۱: برآوردهای پایه شهرنشینی با متغیر وابسته: وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا

شرح	W	E	F	SP
شهرنشینی	(۲/۹۷) - ۴/۸۲۸	(۲/۹۹) - ۴/۴۳۷	(۳/۶۰) ۱۳/۱۳۳ ***	(۴/۸۰) ۱۹/۱۸۱ ***
مجذور شهرنشینی			(۳/۶۰) - ۲۸/۹۷۶ ***	(۵/۵۵) - ۳۴/۵۳۰ ***
بارش			(۰/۰۹) - ۰/۲۴۴ **	(۰/۰۹) - ۰/۱۱۶
تعاملات تجاری	(۰/۴۵) ۱/۱ ***			(۰/۶۰) - ۰/۷۵۲
تراکم سرانه	(۰۰۰) ۰۰۰			(۰/۰۰۰) ۰/۰۰۰
تحصیلات	(۰/۳۳۱) - ۰/۸۱۱ **			(۰/۳۲۰) - ۰/۹۲۳ ***
سطح فناوری	(۰/۰۰۹) ۰/۰۰۲			(۰/۰۰۹) ۰/۰۱
تعداد	۵۱۷	۵۱۷	۵۱۷	۵۱۷
R ²	۰/۸۹۹	۰/۹۰۷	۰/۹۰۰	۰/۹۱۷
F	۸۳/۱۶	۷۹/۷۳	۹۲/۰۹۷	۸۴/۵۲

خطای استاندارد، ** در سطح ۰/۰۵ و *** در سطح ۰/۰۱



شکل ۳: اثر معکوس U شکل شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا

از آنجا که داده‌های متفاوت و از منابع مختلفی مورد استفاده قرار گرفته بود، ضرورت داشت که آزمون اعتبار نتایج نیز به انجام برسد. به این منظور، متغیر وابسته دیگری در معادله وارد گردید و مجدداً محاسبات مربوط به رگرسیون انجام شد.

نتایج حاصل نشان داد که این روش نیز همان رابطه U شکل معکوس را برای ارتباط بین شهرنشینی و وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا تایید می‌کند (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج آزمون اعتبار

شرح	روش جایگزین (FE)	لحاظ اثر سرریز فضایی (SDM)	لحاظ تأخیر زمانی (SYS-) (GMM)
میزان فشار بر منابع	-	-	۰/۸۷۶*** (۰/۳۹)
شهرنشینی	۰/۷۴۷*** (۰/۲۶۱)	۰/۳۴۶*** (۴/۱۹۳)	۰/۰۳۳*** (۶/۳۴۹)
مجدور شهرنشینی	۰/۳۱۳** (۰/۲۹۶)	۰/۷۷۴*** (۵/۱۸۵)	۰/۳۳۵*** (۶/۴۰۸)
شهرنشینی و آب		۰/۴۱ (۱۳/۲۱۵)	
مجدور شهرنشینی و آب		۰/۹۸۸*** (۱۲/۹۰۹)	
تفاوت رتبه‌های فضایی		۰/۷۴۵*** (۰/۱۶۶)	
R ²	۰/۹۸۷	۰/۰۰۷	
آزمون والد			۰/۰۹۳۲۸ (۰/۰۰۰)
آزمون سارگان			۰/۲۳۵۱۲ (۰/۰۰۰)
تعداد	۵۱۷	۵۱۷	۵۱۷

خطای استاندارد، ** در سطح ۰/۰۵ و *** در سطح ۰/۰۱

با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و فضایی شهرنشینی و فشار بر منابع، بایستی وابستگی فضایی استان‌های همجوار را هم در نظر آورد تا نتایج دقیق‌تری حاصل آید (Kassouri, 2021). در این بررسی، تعاملات بین مناطق در مدل رگرسیون پایه وارد شد. ستون (۲) جدول ۳، نتایج رگرسیون را با در نظر گرفتن اثرات سرریز فضایی نشان می‌دهد. مطابق این اطلاعات، ضریب رگرسیون فضایی، در سطح ۰/۱٪ منفی است. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که اثر سرریز فضایی قابل توجهی در وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا امکان وقوع دارد. تأثیر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا در منطقه، یک ویژگی معکوس U شکل قابل توجه را نشان می‌دهد. این یافته مشخص می‌کند که نتایج تجربی این مطالعه حتی زمانی که عوامل فضایی در نظر گرفته می‌شوند، در سطح نسبتاً قوی تایید می‌شود.

یکی دیگر از کنترل‌های در نظر گرفته شده در این بررسی، توجه به پیامدهای تأخیرات زمانی بود. برای حذف اثر درون‌زایی و بروز اشتباه در پانل پویا، از مدل سیستم GMM برای رگرسیون استفاده شد. ستون (۳) جدول ۲، نتایج تقریبی این روش را نشان می‌دهد که با نتایج رگرسیون معادله ۱ مطابقت دارد.

با توجه به تغییرات وضعیت توسعه اقتصادی، ساختار صنعتی و تخصیص منابع در سطح مناطق، بررسی ناهمگونی منطقه‌ای اثر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا اهمیت قابل توجهی دارد. در این مطالعه، به چهار نمونه فرعی از مناطق شرقی، مرکزی، جنوبی و شمال غربی برای تجزیه و تحلیل رگرسیون اشاره شد (جدول ۳). از آنجایی که متغیرهای کنترل در کانون توجه این مطالعه قرار ندارد، جدول ۳ تنها نتایج رگرسیون متغیر توضیحی را ارائه می‌دهد.

با توجه به نتایج، شهرنشینی تأثیر U شکل معکوس قابل توجهی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا در مناطق مرکزی داشته و نقاط عطف منحنی با ضریب ۰/۴ مشخص شده است. میانگین درصد شهرنشینی در منطقه مرکزی حدود ۰/۴۳۷ برآورد شده است که مشخص است دیرزمانی است که از مقدار بحرانی یعنی ۰/۴ فراتر رفته است. این واقعیت نشانگر آن است که میزان شهرنشینی قادر است فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را دچار تحول نماید. همچنین الگوی U شکل معکوس اثر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا در مناطق غربی، شمال غربی، شرقی و جنوبی قابل مشاهده است، اما از نظر آماری معنی‌دار نیست.

برای روشن شدن تفاوت‌های اثر شهرنشینی بر ساختار سیستم آب، انرژی و غذا، این اثر بر سه بعد فرعی وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا مدنظر بود. بنابراین، می‌توان نتایج را برای هر بخش به صورت جداگانه چنین عنوان نمود: آب: ضریب رگرسیون اثر شهرنشینی بر آب در سطح ۵ درصد مثبت بوده و اثرگذاری بالایی را نشان می‌دهد. نتایجی که

نشان می‌دهد این فرآیند، فشار بر منابع آبی را تشدید می‌کند.

جدول ۳: نتایج محاسبات مربوط به ناهمگنی

شرح	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
شهرنشینی	ناهمگونی منطقه‌ای						ناهمگنی ساختاری
	مرکز	شمال غرب	جنوب	غرب	کیفیت آب	مصرف انرژی	مصرف غذا
شهرنشینی	۵۳/۲۵۳***	۳/۸۲۷	۱/۱۷۹۹	۱۶/۱۲۷	۳۰/۴۶۲**	۲۳/۴۶۴***	۶/۶۸۶***
	(۱۳/۵۰)	(۴/۵۱)	(۰/۹۶۱)	(۱۱/۰۰)	(۱۰/۹۳)	(۵۵/۶۹)	(۱/۶۵)
مجذور	۶۶/۶۰۶***	-۴/۶۸۴	-۱/۶۴۷	-۲۵/۷۱۰	-۲۰/۴۳۷	۴۵۴/۶۷۵***	۶/۵۴۶***
شهرنشینی	(۱۳/۹۹)	(۶/۹۹)	(۱/۹۶)	(۱۷/۹۸)	(۱۲/۵۸)	(۶۴/۳۶)	(۱/۸۴)
تعداد	۱۷۲	۱۰۳	۱۸۹	۵۱	۵۱۷	۵۱۷	۵۱۷
R ²	۰/۹۱۶	۰/۸۶۸	۰/۹۷۲	۰/۹۸۳	۰/۸۶۷	۰/۸۳۲	۰/۸۹۵
F	۴۱/۴۱۳	۱۶/۱۴۱	۱۰۸/۹۰۳	۳۲/۲۲۴	۴۹/۰۶۲	۴۰/۷۹۳	۶۷/۴۰۶

خطای استاندارد، ** در سطح ۰/۰۵ و *** در سطح ۰/۰۱

انرژی: ضریب رگرسیونی مقدار بحرانی ۰/۲۴۶ را مشخص نمود. مقایسه این مقدار با میانگین شهرنشینی نشان می‌دهد که سطح کلی شهرنشینی از مقدار بحرانی فراتر رفته‌است. در واقع، رابطه منفی بین میزان شهرنشینی و انرژی منطقه‌ای تایید می‌شود.

غذا: ضریب رگرسیون شهرنشینی با مقدار بحرانی ۰/۵۱۱ تأثیر U شکل قابل توجهی بر غذا را نشان می‌دهد، ولی سطح کلی شهرنشینی از مقدار بحرانی فراتر نرفته‌است. این امر بیانگر آن است که شهرنشینی در سطح فعلی، به کاهش فشار بر سیستم غذایی منطقه‌ای کمک کرده‌است.

در این بررسی، تأثیر شهرنشینی بر ابعاد مختلف وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا از طریق رگرسیون خطی چندگانه برآورد گردید. مطابق محاسبات انجام شده، ضرایب برآورد شده برای شهرنشینی جمعیتی و شهرنشینی اجتماعی به ترتیب ۲۳/۶۹۲ و ۲۴/۷۰۳ به دست آمد. همان‌طور که از نتایج مشخص است، این ضرایب در سطح معنی‌داری ۵ درصد و ۱ درصد مورد تایید بوده و مشخص می‌سازد که هر دو به طور قابل توجهی فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را تشدید می‌کنند که البته اثر شهرنشینی اجتماعی بیش از دیگری است. ضرایب برآوردی برای شهرنشینی اقتصادی و شهرنشینی فضایی به ترتیب ۸۲/۲۱۷- و ۶۷/۸۹۵- بود که هر دو به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند. از نظر مقدار قدر مطلق ضرایب، شهرنشینی اقتصادی بزرگتر از شهرنشینی فضایی است که نشان می‌دهد این پدیده بیشترین تأثیر را بر کاهش وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذای منطقه‌ای دارد. نکته بسیار مهم آن است که اگرچه ضریب برآورد شده برای شهرنشینی محیط‌زیستی منفی (۵/۵۹۸۲-) می‌باشد، اما به لحاظ آماری معنی‌دار نیست. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که اصلاح و بازنگری‌های صورت گرفته در ارتباط با روند شهرنشینی، نقش موثری به همراه نداشته‌است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، تشریح رابطه شهرنشینی و وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا بود. یافته‌ها نشان داد که شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا اثرگذار بوده و این تأثیر را می‌توان به صورت یک منحنی U شکل معکوس نشان داد. جایگاه کنونی این ارتباط به نحوی است که از نقطه عطف منحنی عبور کرده‌است. تفاوت بین مناطق را بایستی به سطوح توسعه اقتصادی آنها مربوط دانست. دلیل اصلی این اثر آن است که منطقه مرکزی چهار مجموعه شهری با سطح توسعه اقتصادی بسیار مهم (شامل تهران، کرج، قم و اصفهان) را در خود جای داده‌است. اصولاً، تراکم اقتصادی بالا به انباشتگی فضایی منابع انسانی و سرمایه مالی و اثر سرریز دانش منجر شده و پیکربندی مجدد فضایی عوامل تولید را باعث می‌شود. در این وضعیت، هزینه نوآوری به شکل قابل توجهی کاهش یافته، کارایی استفاده

از منابع ارتقا پیدا نموده و همین شرایط کاهش فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را در پی می آورد. به طور معمول، وقتی روند شهرنشینی رو به رشد است، فرصت های آموزشی بهتری فراهم شده و زیرساخت های اجتماعی و مدنی برای افزایش آگاهی زیست محیطی ساکنان و تشویق آنها به اتخاذ رفتارهای دوستدار محیط زیست آماده می شود در سال های اخیر، استراتژی هایی با هدف کاهش شکاف بین توسعه اقتصادی مناطق مختلف آغاز شده است. علی رغم سودمندی های کلان-شهرنشینی، چالش هایی مانند سطوح توسعه اقتصادی پایین تر، ساختارهای صنعتی نامتعادل و قابلیت های نوآوری ناکافی، بهره مندی از این روند را برای همه کشور غیر ممکن ساخته است.

یافته اساسی بعدی این بود که اگرچه سطح فعلی شهرنشینی به کاهش فشار بر سیستم های انرژی و غذا کمک کرده است، اما اثر آن بر سیستم منابع آب منفی بوده و آن را تشدید نموده است. این نتیجه، با یافته های نیوا و همکاران (Niva, et al., 2020)؛ ژانگ و همکاران (Zhang, et al., 2022) و غبیشاوی و همکاران (Ghobishavi, et al., 2021) همسو است. اصولاً، رشد سریع جمعیت شهری و صنایع منجر به افزایش تقاضای آب برای تولیدات خانگی، تجاری و صنعتی می شود. نکته دیگر آن که آلودگی آب ناشی از تخلیه فاضلاب صنعتی، رواناب و شیوه های نادرست مدیریت پسماند، باعث کاهش دسترسی به منابع آبی و افزایش هزینه های تصفیه آب می شود. علاوه بر این، از منظر هیدروپدینامیکی، ساخت ساختمان ها، جاده ها و سایر زیرساخت های فیزیکی در روند شهرنشینی، منجر به افزایش سطوح غیرقابل نفوذ می شود. در این وضعیت، کاهش گردش عمودی آب و تخلیه بیش از حد منابع آب زیرزمینی حادث شده و افزایش فشار بر منابع آب سطحی را در پی می آورد. فشار دوگانه افزایش تقاضای آب و کاهش منابع آب موجود به دلیل فرآیند شهرنشینی، فشار بر سیستم های منابع آب محلی را تشدید می کند.

دیگر یافته بررسی حاضر آن بود که شهرنشینی جمعیتی و شهرنشینی اجتماعی، وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را تشدید می کنند، در حالی که تراکم های اقتصادی و فضایی این تأثیر را کاهش می دهد. با توجه به این که تأثیر شهرنشینی جمعیتی و شهرنشینی اجتماعی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا عمدتاً از طریق سیستم انرژی اعمال می شود، بایستی بر روی سیستم های انرژی تمرکز کنیم. وقتی فرآیند صنعتی شدن به آرامی پیش می رود، تمرکز تقاضای انرژی آن به سمت مصرف در زندگی روزمره تغییر کرده و نسبت مصرف انرژی صنعتی به طور مداوم روند نزولی پیدا می کند. افزایش میزان شهرنشینی و در کنار آن مهاجرت، افزایش تدریجی تقاضای انرژی در خانه و حمل و نقل ساکنان شهری را به همراه می آورد. به طور کلی، حرکت جمعیت عمدتاً به سمت صنایع متوسط و پایین می باشد. با این وجود، تراکم اندک جمعیت، باعث می شود که شهرنشینی تراکم جمعیت را بیشتر کرده و مانع از بهبود کارایی مصرف انرژی گردد.

در روند شهرنشینی اجتماعی، چون منابع مربوط به اراضی اندک است، بهترین روش تامین مسکن برای شهروندان، افزایش تراکم ساختمانی می باشد. البته خود تراکم بیش از حد ساختمان ها، ویژگی های حرارتی سطوح زیرین را تغییر داده و نرخ جذب منابع حرارتی تولید شده به شکل طبیعی کاهش می یابد. حرارت مورد اشاره بیشتر از سوی کارخانه ها، وسایل نقلیه و سیستم های گرمایش و روشنایی منازل مسکونی ایجاد شده و در نهایت پدیده جزایر گرمایی را شکل می دهند (Tian and Chen, 2023). معمولاً، فعالیت های اقتصادی متراکم عامل اساسی مشکلات شهری به خصوص در زمینه مصرف بالای انرژی و آلودگی تصور می شود؛ اما نباید فراموش کرد که تراکم اقتصادی، آثار و پیامدهای مثبت فراوانی دارد که اغلب مورد توجه قرار نمی گیرد (Shao and Wang, 2023). بررسی کنونی مشخص کرد که شهرنشینی متراکم، فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا را کاهش داده و سطح فعلی شهرنشینی در استان های توسعه یافته تر از آستانه مورد انتظار، فراتر رفته است. در هر حال، شهرنشینی فضایی با گسترش ساخت و ساز در شهرها همراه بوده و بخش قابل توجهی از منابع را به مصرف می رساند.

بررسی رابطه بین شهرنشینی و فشار بر سیستم آب-انرژی-غذا برای دستیابی به مدیریت موثر منابع و ترویج توسعه پایدار منطقه ای اهمیت قابل توجهی دارد. در این بررسی مشخص شد که در طول دوره مورد مطالعه، سطح شهرنشینی

در استان‌های مختلف روند صعودی مداومی را تجربه کرده‌است، اما نرخ افزایش آن رو به کاهش بوده‌است. همچنین مشخص شد که میزان فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا به لحاظ فضایی یکدست نبوده و برخی از استانها سطح بالاتری را تجربه کرده‌اند. علاوه بر آن، ضرایب شهرنشینی و مقدار مجذور آن بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا به ترتیب به میزان ۱۹/۱۸۰ و ۳۴/۵۲۹۹- اثر دارد. این نتایج مشخص می‌سازد که تأثیر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا از نقطه تعادل منحنی عبور کرده‌است. در نهایت این که تأثیر شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا ناهمگنی منطقه‌ای و ساختاری فراوانی را نشان می‌دهد. در واقع، شهرنشینی اثر غیر خطی بر فشار سیستم انرژی و غذا دارد. سطح فعلی شهرنشینی به کاهش فشار بر سیستم‌های انرژی و غذا کمک کرده‌است، اما فشار بر سیستم منابع آب بدتر شده‌است.

اگر قرار باشد توسعه اجتماعی و انسانی در سطح کلان مورد توجه قرارگیرد، ضرورت دارد تا تأثیر شهرنشینی بر آب، انرژی و غذا مشخص شده و با تعیین بخش‌های آسیب‌پذیر، ساخت و ساز در پهنه‌های شهری به نحوی کنترل و مدیریت شود که توسعه در شکل پایدار آن، امکان وقوع پیدا نماید.

بررسی اثرات شهرنشینی بر وضعیت فشار بر سیستم آب، انرژی و غذا از ابعاد مختلف به این دلیل ضرورت دارد که چنین تحلیلی، امکان مقایسه تفاوت‌های این نوع تأثیرات را به لحاظ نظری و عملی ممکن ساخته و جستجوی مسیرهای توسعه شهری پایدار و به حداقل رساندن تأثیرات منفی شهرنشینی بر منابع را ممکن می‌سازد. به همین دلیل، باید این روند با پارمترهای بیشتری مورد بررسی قرارگیرد.

برای پاسخ به نیازهای جمعیتی که مدام در حال رشد می‌باشند، ساخت و نگهداری زیرساخت‌هایی چون مسکن، فضاهای تجاری و شبکه‌های حمل و نقل و انرژی بیشتری باید فراهم آید.

مطابق نتایج این بررسی، باید فرآیندهای پیچیده و پرهزینه تغییر زیرساخت‌های موجود را در دستور کار قرار داد تا اصول شهرسازی سبز یا پایدار، محقق شود. البته که دستیابی به موفقیت در این زمینه، نیازمند پشتوانه موثری از سوی سیاست‌ها، مقررات و ساختارهای حاکمیتی است. این مقررات و ابزار بایستی به نحوی مدنظر قرارگیرد که سازگار با محیط زیست، در قالب توسعه فشرده و کارآمد باشد. همین روند باعث می‌شود که از منابع و قابلیت‌های موجود در هر پهنه سرزمینی به درستی بهره‌برداری شده و صنایع وابسته به هم در کمترین فاصله از هم استقرار پیدا نموده و با بهره‌گیری از صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس، بالاترین راندمان و کارایی را داشته و از این طریق استانداردهای زندگی ساکنین را ارتقا دهند. در کنار این دو بعد، بار اضافه‌ای بر محیط‌های حساس وارد نشده و مقیاس‌های ساخت و ساز شهری و شبکه ارتباطی به درستی شکل خواهدگرفت و شهرنشینی فضایی در شکل و ساختار درستش، معنا پیدا می‌کند. هنگامی که توسعه هماهنگ، متوازن و مبتنی بر شرایط محلی و منطقه‌ای مدنظر باشد، به هر منطقه، به تناسب جمعیت، امکانات آموزشی، بهداشتی و فرهنگی اختصاص پیدا خواهدکرد. در نتیجه، شاخص‌های منصفانه بودن، پایداری، هماهنگی و راحتی که اجزای اصلی شهرنشینی اجتماعی هستند، محقق می‌گردند. توزیع متعادل جمعیت، بهره‌برداری متناسب از منابع و حفظ فضاهای بکر و طبیعی و یا برنامه‌ریزی برای ترمیم و تکمیل بخش‌های سبز و طبیعی مورد نیاز، تنها در شرایطی قابل دسترس خواهدبود که بار وارد شده بر هر پهنه جغرافیایی، متناسب با توان محیطی آن باشد. در این صورت، شهرنشینی محیط‌زیستی امکان تحقق پیدا نموده و شهروندان به فضای سبز و طبیعی مورد نیاز دسترسی پیدا خواهند کرد. بنابراین، اولین و مهمترین وظیفه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور آن خواهد بود که ابعاد مورد اشاره را در همه طرح‌های ملی، منطقه‌ای و محلی مدنظر داشته‌باشند و بدانند که هریک از این موارد، چه تأثیری بر ابعاد پنجگانه شهرنشینی خواهدگذاشت. در واقع، شهرنشینی یک روند طبیعی و متداول است که ظاهراً جلوگیری از آن غیرممکن به نظر می‌رسد، اما این روند را می‌توان به نحوی هدایت و مدیریت نمود که کمترین پیامد منفی و بیشترین آثار مثبت را به همراه آورد. این روند به خصوص در کشورهای جهان سومی چون ایران که اتکای زیادی به استخراج و فروش موادی مثل نفت و گاز دارند، بسیار اساسی است. زیرا در شرایط کنونی بخش زیادی از درآمد کشور از این مواد به دست می‌آید

که در پهنه‌های کوچکی از سرزمین استخراج و صادر می‌شوند و تقریباً تمام زیرساخت‌های اساسی در همین محدوده‌ها متمرکز شده و این مناطق هم چون جزایر جدای از هم، به کار و تولید ادامه داده و سایر مناطق، عملاً از توسعه باز می‌مانند و ثروت‌های حاصل از روند مورد اشاره تنها در کلان‌شهرها و به خصوص پایتخت متمرکز خواهند شد.

سپاسگزاری: نویسنده از دانشجویان رشته‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی دانشگاه پیام نور مرکز مشهد که در تکمیل پرسشنامه‌ها و ترسیم نقشه‌ها همکاری نموده‌اند تقدیر و تشکر می‌کند. همچنین، از داوران محترم که به غنای مطلب یاری‌رسان بودند، کمال امتنان را دارد.

حامی مالی: بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

تضاد منافع: نویسنده اعلام می‌دارد که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارد.

پی نوشت

¹Population urbanization (PU)

²Economic urbanization (EU)

³Spatial urbanization (SPU)

⁴Social Urbanization (SOU)

⁵Eco-environmental urbanization (EEU)

⁶WEF System Pressure (WEFSP)

References

- Alaei, S. Hajiagha, S. and Mahdiraji, H.A. 2023. Unveiling the role of sustainable supply chain drivers toward knowledge based economy via a novel permutation approach: Implications from an emerging economy Operations. Management Research: 16, 1231-1250. <http://dx.doi.org/10.1007/s12063-023-00380-1>
- Barzegar, Z. 2012. Urbanization and its effects on food, water and energy security in Iran, a case study: Shiraz city. Regional Planning: 2(5), 53-64. 24. <https://doi.org/10.22054/jiee.2021.55099.1780> (In Persian)
- Cai, J. Li, X.P. and Liu, L.J. 2021. Coupling and coordinated development of new urbanization and agro-ecological environment in China. Science of the Total Environment: 776, 145-161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145837>
- Dehghan Shabani, Z., Sadraei Javaheri, A. and Abbaspour Kazaruni, E. 2019. The effect of urbanization on energy consumption in Iran's provinces: a spatial panel data approach. Iran Energy Economic Research Journal: 9(34), 113-142. <https://doi.org/10.22054/jiee.2021.55099.1780> (In Persian)
- Ghobishavi, F. Akbari, A. Daders Moghadam, A. and Hosseini, M. 2021. Urbanization, water pollution and economic growth in Iranian provinces with a spatial panel approach. Water and Wastewater: 32(6), 57-48. <https://doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106> (In Persian)
- Hou, M.Y. Deng, Y.J. and Yao, S.B. 2022. Urbanization, intensive cropland use, and grain production: A moderated mediating effect test under climate conditions China Population. Resources and Environment: 32 (10), 160-171. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129957>
- Karimi, M. and Heydarian, M. 2016. Investigating the relationship between urbanization and energy consumption in the provinces of Iran using the generalized STIRPAT model. Economics and Modeling Quarterly: 31(4), 27-54. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24765775.1396.8.31.2.0> (In Persian)
- Kassouri, Y. 2021. Monitoring the spatial spillover effects of urbanization on water, built-up land and ecological footprints in sub-Saharan Africa: Journal of Environmental Management, 3(2), Article 113690. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113690>
- Kuznets, S. 1957. Quantitative aspects of the economic growth of nations: II. Industrial distribution of national product and labor force Economic. Development and Cultural Change: 5 (19), 1-111. <http://www.jstor.org/stable/1152605?origin=JSTOR-pdf>
- Liu, C.K. (2023). Can new urbanization improve agricultural total factor productivity-analysis based on prefectural-level city panle data? Journal of Agricultural Resources and Regional Planning: 23, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125499>
- Niva, V. Cai, J.L. and Taka, M. 2020. China's sustainable water-energy-food nexus by 2030: Impacts of urbanization on sectoral water demand. Journal of Cleaner Production: 251, Article 119755. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119755>
- Saberifar, R. & Pilevar, S. 2023. Urban Geography of Iran, Bojnord: Kosar University. <http://library.kub.ac.ir/> (In Persian)

- Salem, J. 2016. Relationship between food security and urban population and development programs (case study: Iran). *Economic Modeling*, 10(4), pp. 125-140. https://journals.iau.ir/article_590515.html **(In Persian)**
- Shafiian, S., Behnameh, M. and Ebrahimi Salari, T. 2015. Investigating factors affecting energy consumption in selected countries. Tehran: New Researches. <https://www.sid.ir/paper/875143/fa> **(In Persian)**
- Shao, J. and Wang, L.H. 2023. Can new-type urbanization improve the green total factor energy efficiency? Evidence from China. *Energy*: 262, Article 125499. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125499>
- Tian, C.Y. and Chen, Y. 2022. Population siphoning, agglomeration and urban energy efficiency: Take the Shanghai-Jiangsu-Zhejiang-Anhui as an example. *Statistical Research*: 39 (5), 93-106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139511>
- Xia, Q. Tian, G. Zhao, D. Zhao, Q. and Varis, O. 2024. Effects of new-type urbanization on resource pressure: Evidence from a water-energy-food system perspective in China. *Sustainable Cities and Society*: 107, 10-25. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105411>
- Yu, Q.W. Sun, Z.H. and Shen, J.Y. 2021. The nonlinear effect of new urbanization on water pollutant emissions: Empirical analysis based on the panel threshold model. *Journal of Environmental Management*: 345, 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118564>
- Zhang, Z.H. Sun, S.M. and Gao, J. 2022. Evolution characteristic and influencing mechanism of water energy-food stress in Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Journal of Natural Resources*: 37 (06), 1586-1597. <http://dx.doi.org/10.31497/zrzyxb.20220615>
- Zhou, Y. Kong, Y. and Wang, H. 2020. The impact of population urbanization lag on eco-efficiency: A panel quantile approach. *Journal of Cleaner Production*: 244 (2), 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118664>
- Zhu, Y.Y. Wang, Z.W. and Luo, J. 2021. Coupling and coordinated development of new urbanization and food security in main agricultural production regions in central China: A case study of Henan Province. *Scientia Geographica Sinica*: 41 (11) (2021), 1947-1958. <http://dx.doi.org/10.31497/zrzyxb.20210313>