Journal of Water and Wastewater, Vol. 32, No. 6, pp: 48-57

Urbanization, Water Pollution and Economic Growth in Provinces of Iran with Spatial Panel Approach

F. Ghobaishavi[1], A. Akbari[2], A. Dadras Moghadam[3], S. M. Hoseini[3]

1. PhD Student, Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran (Corresponding Author) Fazel.ghobaishavi@gmail.com
2. Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
3. Assist. Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Management, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

(Received Jan. 20, 2021 Accepted Aug. 13, 2021)

To cite this article:
Ghobaishavi, F., Akbari, A., Dadras Moghadam, A., Hoseini, S. M. 2022. "Urbanization, water pollution and economic growth in provinces of Iran with space panel approach" Journal of Water and Wastewater, 32(6), 48-57. Doi: 10.22093/wwj.2021.269544.3106. (In Persian)

Abstract

One of the most serious threats to many countries is water pollution caused by the use of fertilizers and chemical pesticides in agriculture. Limited research has been done in this field in Iran. Spatial dimension and disparity between provinces have not been considered. This research has been conducted in the unique Framework of Environment Kuznets Curve (EKC), to investigate the relationship between urbanization, water pollution and economic growth during the years 2011-2019 in 30 provinces of Iran. First, the stationary test of the variables was performed and then before estimating the model, diagnostic tests were used to ensure the existence of a spatial correlation relationship between the variables using the spatial panel approach. Levin, Lin, and Chou stationary tests showed that all variables were at the mana level. Moran, Jerry, and LM Lag (Robust) diagnostic tests then confirmed the existence of spatial dependence and the Spatial Durbin model. The results of estimating the Spatial Durbin model show the urban population with a coefficient of 54.07 and the square of the urban population with a coefficient of -0.004 and the overflow effects of these variables with coefficients of 0.054 and 0.000004, respectively, in the provinces of Iran. Water pollution index has a positive and negative effect, which indicates the confirmation of the Environmental Kuznets Curve hypothesis (KEC) in the field of water pollution in the provinces of Iran. With the expansion of urbanization and economic growth, the water pollution index has increased, but when there is a certain amount exceeds, the water pollution index due to the use of pesticides and chemical fertilizers in a province and adjacent provinces. It is suggested that agricultural policy makers make the use of organic fertilizers instead of chemical fertilizers mandatory to control water pollution in all provinces of Iran.

Keywords: Urbanization, Water Pollution, Economic Growth, Spatial Panel, Kuznets Curve.

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۲، شماره ۶، صفحه: ۵۷-۴۸

شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان‌های ایران با رهیافت پانل فضایی

فاضل غبیشاوی[۱]، احمد اکبری[۲]، امیر دادرس مقدم[۳]، سید مهدی حسینی[۳]

۱- دانشجوی دکترا، گروه اقتصادکشاورزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
(نویسنده مسئول) Fazel.ghobaishavi@gmail.com
۲- استاد، گروه اقتصادکشاورزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۳- استادیار، گروه اقتصادکشاورزی، دانشکده اقتصاد و مدیریت،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

(دریافت ۹۹/۱۱/۱ پذیرش ۱۴۰۰/۵/۲۲)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
غبیشاوی، ف.، اکبری، ا.، دادرس مقدم، ا.، حسینی، س. م.، ۱۴۰۰، "شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان‌های ایران با رهیافت پانل فضایی"
مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۶)، ۵۷-۴۸. Doi: 10.22093/wwj.2021.269544.3106

چکیده

یکی از مهمترین تهدیدهای جدی پیش روی بسیاری از کشورها آلودگی‌های آب ناشی از مصرف کود و سموم شیمیایی کشاورزی است. در مقایسه با اندک پژوهش‌های پیشین، توجه به این مسئله به تفکیک استان‌های کشور و لحاظ کردن بعد مکانی و ناهمسانی فضایی بین استان‌ها دو نوآوری این پژوهش بود. این پژوهش در چارچوب منحنی محیطزیستی کوزنتس به بررسی اثرات فضایی شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ در ۳۰ استان ایران پرداخت. برای این منظور، ابتدا آزمون ایستایی متغیرها انجام شد و سپس قبل از برآورد مدل، برای اطمینان از وجود رابطه هم‌بستگی فضایی بین متغیرها از آزمون‌های تشخیصی استفاده شد و در نهایت از رهیافت اقتصادسنجی پانل فضایی برای برآورد مدل کمک گرفته شد. با انجام آزمون ایستایی لوین و همکاران مشخص شد که تمامی متغیرها در سطح مانا هستند و سپس آزمون‌های تشخیصی موران، جری، گتیس و LM Lag (Robust) وجود وابستگی فضایی و مدل دوربین فضایی را تأیید می‌کنند. نتایج تخمین مدل دوربین فضایی نشان داد که جمعیت شهرنشینی با ضریب ۵۴/۰۷ و مجذور جمعیت شهرنشینی با ضریب ۰/۰۰۴- و اثرات سرریز این متغیرها به‌ترتیب با ضرایب ۰/۰۵۴ و ۰/۰۰۰۰۰۴- در استان‌های ایران بر شاخص آلودگی آب تأثیر مثبت و منفی دارد که دلیل بر تأیید فرضیه منحنی محیطزیستی کوزنتس در زمینه آلودگی آب در استان‌های ایران است. با گسترش شهرنشینی و رشد اقتصادی، شاخص آلودگی آب در استان موردنظر و استان‌های مجاور در حال افزایش بوده، اما وقتی از مقدار مشخصی فراتر رود، از شاخص آلودگی آب در اثر مصرف سموم و کودهای شیمیایی در استان و استان‌های مجاور کاسته خواهد شد. در این راستا، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران بخش کشاورزی با جایگزینی کودهای ارگانیک به جای کودهای شیمیایی زمینه کاهش آلودگی آب در استان‌های ایران را فراهم کنند.

واژه‌های کلیدی: نیکل، شهرنشینی، آلودگی آب، رشد اقتصادی، پانل فضایی، منحنی کوزنتس

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

۱- مقدمه

شهرنشینی یک پدیده جهانی است که منجر به گسترش شهری، تغییر کاربری اراضی، تغییر پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی می‌شود (Li et al., 2020).

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، ۶۴ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی کنند که سریع‌ترین سطح گسترش شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد (Sulemana et al., 2019).

بر اساس آخرین داده‌های مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۸، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که ایران در مرحله تسریع توسعه شهرنشینی قرار دارد. تغییر در الگوهای تولید و مصرف در ارتباط با شهرنشینی منجر به ایجاد بسیاری از مشکلات و آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود. در دهه‌های اخیر، آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل شده است. به‌طوری که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدامات درون مرزی خود، ساماندهی آلودگی را در حوزه بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند (Pajooian and Lashkaryzadeh, 2010).

با توجه به افزایش شهرنشینی، مصرف کل و سرانه آب نیز افزایش می‌یابد(Yuan, 2019).

آلودگی‌های ناشی از آب یکی از مهمترین تهدیدهای جدی پیش روی بسیاری از کشورها است که از تخلیه پسماندهای صنعتی در آبها یا مصرف کود و سموم شیمیایی کشاورزی به‌وجود می‌آید.

خدادی در پژوهشی به بررسی تعیین غلظت باقیمانده سموم آفت‌کش ارگانوسفره و کاربامات در منابع تأمین‌کننده آب شرب همدان پرداخت. یافته‌های پژوهش نشان داد بین باقیمانده سموم مورد مطالعه در نمونه‌های برداشت شده در فصول مختلف، اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد (Khoadadi, 2009).

خزاعی وضعیت کیفیت و سلامت آبهای زیرزمینی استان مازندران در اثر استفاده از حشره‌کش‌های فسفره را در شهرستان محمودآباد بررسی کرد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت حشره‌کش‌های فسفره اندازه‌گیری شده در تعداد زیادی از نمونه‌های آب، بیشتر از میزان استاندارد تعیین شده سازمان بهداشت جهانی یعنی ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر است (Khazayi, 2009).

همچنین در پژوهشی تأثیر سموم دفع آفات کشاورزی بر کیفیت آب شرب چاه‌های محفوره را در روستاهای شمیرانات بررسی کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد میزان سموم ارگانو کلره مشاهده شده در نمونه‌های آب شرب چاه‌های منطقه مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ بود ولی وجود سموم مذکور در نمونه‌های آب تغلیظ شده، خطر نشت سموم به داخل منابع آب شرب منطقه و افزایش غلظت آنها در آینده را به همراه دارد.

دسترسی کافی آب، از نظر کمیت و کیفیت عنصر اصلی توسعه پایدار بوده (UNDP, 2019)و سالم بودن آب به‌طور مستقیم با پویایی جمعیت جهانی و امنیت غذایی مرتبط است (FAO, 2019) و آلودگی آن به شدت بر سلامت انسان اثر می‌گذارد.

در ادبیات اقتصادی، کوزنتس در سال ۱۹۵۵ در پژوهشی فرضیه محیط‌زیستی خود مبنی بر رابطه بین تولید ناخالص داخلی سرانه (شاخص رشد اقتصادی) و تخریب محیط‌زیست مانند آلودگی آب را ارائه کرده است. اخیراً اقتصاددانان تلاش کردند رابطه متقابل بین نسبت شهرنشینی و کیفیت محیط‌زیست را بر پایه نظریه کوزنتس بررسی کنند. این فرضیه بیان می‌کند که در مسیر اولیه رشد اقتصادی، آگاهی و اطلاع از مشکلات محیط‌زیستی کم بوده و مردم کمتر به مشکلات محیط‌زیستی توجه می‌کنند و تکنولوژی‌های سازگاری با محیط‌زیست در دسترس نیستند. بنابراین، در مراحل اولیه رشد اقتصادی، با رشد درآمدی خسارت‌های محیط‌زیستی افزایش یافته و این افزایش تا یک سطح درآمد سرانه افزایش می‌یابد. سپس با افزایش اطلاعات محیط‌زیستی، اجرای قوانین محیط‌زیستی، تکنولوژی بهتر و هزینه‌های محیط‌زیستی بیشتر، به تدریج سطح تخریب محیط‌زیست کاهش می‌یابد. در نتیجه، فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس رابطه بین تولید ناخالص داخلی سرانه (شاخص رشد اقتصادی) و تخریب محیط‌زیست مانند آلودگی آب به صورت U معکوس، به قالب منحنی محیط‌زیست کوزنتس[1] معروف شده است. در دهه‌های اخیر رابطه بین رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیست به‌شدت مورد بحث و مذاکره قرار گرفته و پژوهش‌های مختلفی در این راستا انجام شده است که برخی از آنها این فرضیه را تأیید و

[1] Environmental Kuznets Curve (EKC)

رابطه U وارون EKC را پذیرفته (Shafik and Bandyopadhyay, 1992, Tarazkar et al., 2018, Li et al., 2020) و برخلاف مذکور پژوهش‌های زیر نیز این فرضیه را رد کرده‌اند (Yuan, 2019, Arouri et al., 2012).

پژوهشگران در مورد رابطه بین افزایش جمعیت شهرنشینی و آلودگی محیط‌زیست دیدگاه‌های متفاوتی دارند. دیدگاه اول معتقد است که افزایش شهرنشینی عامل اصلی آلودگی محیط‌زیستی است، زیرا با افزایش شهرنشینی استفاده از زیرساخت‌ها، حمل‌ونقل، انرژی و انتشار آلودگی افزایش می‌یابد (Tarazkar et al., 2018) و دیدگاه دوم تأکید می‌کند که با روند گسترش شهرنشینی جمعیتی، زمینه‌های بهره‌گیری از صرفه‌های ناشی از مقیاس در استفاده از منابع در شهرها نسبت به روستاها به‌صورت کاراتر مصرف شود (Falahi and Hekmati, 2013).

شواهد زیادی نیز در کشورهای پیشرفته پیرامون مطلوب بودن آثار شهرنشینی بر محیط‌زیست وجود دارد که نشان می‌دهد اگر سیاست‌های مناسب و مدیریت صحیح و کارا اتخاذ شود، می‌تواند باعث بهبود وضعیت محیط‌زیستی و دسترسی جمعیت شهرنشین به تکنولوژی‌های پاک و دوستدار طبیعت شود (Alam et al., 2007).

به‌طور کلی، در ارتباط شهرنشینی، رشد اقتصادی و آلودگی محیط‌زیستی و روش‌شناسی پژوهش (رویکرد اقتصادسنجی فضایی) می‌توان به‌صورت اجمالی به پژوهش‌های زیر اشاره کرد:

ژانگ وهمکاران با استفاده از داده‌های استانی چین برای دوره زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ به بررسی عوامل مؤثر اجتماعی و اقتصادی بر انتشار آلودگی گاز دی‌اکسیدگوگرد[1] با استفاده از رهیافت مدل دوربین فضایی پرداختند. شواهد نشان داد که نوعی هم‌بستگی فضایی مثبت انتشارآلودگی SO_2 در بین استان‌های چین وجود دارد. همچنین رشد اقتصادی و افزایش در نوآوری اثرات منفی معناداری را بر انتشار آلودگی SO_2 دارند. در مقابل نسبت صنعتی شدن، شهرنشینی و حمل‌ونقل اثرات مثبت معناداری را بر انتشار آلودگی SO_2 دارند (Zhong et al., 2021).

یان در پژوهشی با استفاده از داده‌های استانی چین برای دوره زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶ به بررسی رابطه بین شهرنشینی و آلودگی آب و رشد اقتصادی با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی فضایی پرداخت. نتایج حاصل از برآورد مدل نشان داد شهرنشینی تأثیر مثبت و معنی‌دار بر شاخص آلودگی محیط‌زیستی بوده در حالی که مجذور شهرنشینی تأثیر منفی و معنی‌دار بر شاخص آلودگی محیط‌زیستی است. بنابراین فرضیه کوزنتس میان گسترش شهرنشینی و انتشار آلودگی آب در استان‌های چین تأیید می‌شود (Yuan, 2019).

امیرنژاد و همکاران در پژوهشی با عنوان بررسی ارتباط میان آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان مازندران پرداختند. برای این منظور، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته[2]، برای دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ استفاده شد. یافته‌های اصلی پژوهش نشان داد که شاخص آلودگی آب با متغیر شهرنشینی، تولید ناخالص داخلی رابطه مثبت و با مجذور تولید ناخالص داخلی رابطه منفی دارد (Amirnejad et al., 2019).

سولمانا و همکاران با استفاده از روش ARDL[3]، رابطه بلندمدت میان گسترش شهرنشینی و انتشار آلودگی محیط‌زیستی را با استفاده از منحنی محیط‌زیستی کوزنتس در دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۳ برای کشور کنیا بررسی کردند. نتایج آنها، تأییدکننده فرضیه کوزنتس بود (Sulemana et al., 2019).

لی و همکاران در پژوهشی با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی فضایی برای ۳۰ استان در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ نشان دادند که اثرات مستقیم و سرریز شهرنشینی بر آلودگی مصرف انرژی به ترتیب منفی و مثبت معنی‌دار است (Li et al., 2018).

در پژوهشی با استفاده از فرضیه EKC طی دوره زمانی ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۶ به بررسی تأثیر عوامل اقتصادی منتخب بر آلودگی آبهای زیرزمینی در دو گروه از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه با استفاده از روش داده‌های ترکیبی پرداخته شد، نتایج نشان داد که رابطه بین تولید سرانه و آلودگی منابع آبی در کشورهای توسعه‌یافته U شکل و در کشورهای در حال توسعه به شکل U وارونه است و بنابراین فرضیه محیط‌زیستی کوزنتس در گروه کشورهای در حال توسعه تأیید شده است. همچنین با افزایش شاخص باز بودن اقتصاد، آلودگی منابع آب در گروه کشورهای توسعه‌یافته تأثیر نخواهد پذیرفت در حالی که در گروه کشورهای در حال توسعه، آلودگی منابع آب افزایش خواهد یافت (Biabi et al., 2015).

[1] SO_2

[2] Generalized Method of Moments (GMM)

[3] Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

ترازکار و همکاران با استفاده از مدل‌های خود رگرسیونی با وقفه‌های گسترده تأثیر توسعه اقتصادی و شهرنشینی بر انتشار آلودگی هوا در ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۲ را بررسی کردند. نتایج پژوهش رابطه U وارون میان گسترش شهرنشینی و انتشار آلودگی هوا را نشان داد (Tarazkar et al., 2018).

شهبازی و همکاران در پژوهشی با استفاده از فرضیه EKC طی دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۰ به بررسی عوامل مؤثر در انتشار آلودگی هوا در کشورهای حوزه دریای خزر با استفاده از روش اقتصادسنجی فضایی پانلی تجمیعی پرداختند. نتایج نشان‌دهنده برقراری فرضیه EKC فضایی همراه آثار سرریز فضایی مثبت آلودگی برای کشورها تأیید شد. بنابراین، افزایش درآمد سرانه ابتدا موجب افزایش آلودگی جوی شده است، اما در ادامه سبب کاهش انتشار آلاینده جوی دی‌اکسید کربن سرانه خواهد شد(Shahbazi et al., 2015).

در حالی که اغلب پژوهش‌های مرتبط با تأثیر شهرنشینی بر آلودگی محیط‌زیست به بررسی آزمون فرضیه EKC در مورد آلودگی هوا و آلودگی مصرف انرژی پرداخته و کمتر به بررسی آلودگی آب و رابطه آن با شهرنشینی و رشد اقتصادی پرداخته‌اند و می‌توان گفت که تاکنون در رابطه با شهرنشینی و آلودگی آب و رشد اقتصادی در ایران پژوهش‌های محدودی انجام شده است.

وجه تمایز دیگر این پژوهش نسبت به پژوهش‌های داخلی، برخلاف مدل‌های اقتصادسنجی سنتی از تکنیک رهیافت پانل فضایی به‌منظور بررسی آثار متقابل شهرنشینی، رشد اقتصادی با تأکید بر اهمیت آلودگی آب به تفکیک استان‌های ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ پرداخته شد و در کنار سایر متغیرها به بعد مکانی و مسئله ناهمسانی فضایی بین استان‌ها توجه شده و اثرات رشد اقتصادی و شهرنشینی هر استان بر آلودگی آب استان‌های مجاور بررسی شد.

۲- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش، ابتدا آزمون ایستایی متغیرها به‌منظور جلوگیری از رگرسیون کاذب بررسی شد. به‌دلیل اینکه زمانی که متغیرها نامانا باشند امکان ایجاد رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها به‌وجود آمده در حالی که در واقعیت بین این متغیرها ارتباطی وجود ندارد. برای بررسی ایستایی متغیرها در رگرسیون داده‌های تابلویی، در حالت ریشه واحد مشترک از روش لوین و همکاران استفاده شد. فرض اساسی این آزمون مستقل بودن واحدهای مقطعی از یکدیگر بود. مبنا و دلیل این فرض این است، آنها معتقدند که در داده‌های ترکیبی، استفاده از آزمون ریشه واحد برای ترکیب داده‌ها، قدرت بیشتری نسبت به هر مقطع به‌صورت جداگانه دارد (Levin et al., 2002).

اقتصادسنجی فضایی، اثرات فضایی را به کارکرد مدل‌های مقطعی یا ترکیبی (پانل) رگرسیونی اضافه می‌کند. زمانی که داده‌های نمونه‌ای، جزء مکانی دارند می‌توان آنها را تحت عناوین وابستگی فضایی یا خود همبستگی فضایی و ناهمسانی فضایی یا ساختار فضایی توضیح داد.

از جمله دلایل و مزایای استفاده از داده‌های ترکیبی (پانل) فضایی در نظر گرفتن بعد مکان، محدود شدن وجود ناهمسانی واریانس، هم‌خطی کمتر میان متغیرها، درجات آزادی بیشتر، کارایی بیشتر و بررسی پویایی بین متغیرها است (Gujarati, 2004).

روش‌های متفاوتی برای لحاظ رابطه مکانی متغیرهای مفروض در مدل وجود دارد. از جمله مجاورت، فاصله مکانی، فاصله اقتصادی و استفاده از شبکه‌های اجتماعی است. روش مجاورت بر اساس سیستم صفر و ۱ است. در این روش به مناطقی که مرز مشترک دارند عدد ۱ و مناطق فاقد مرز مشترک عدد صفر تعلق می‌گیرد و در روش فاصله‌ای بر اساس مسافت بین دو مرکز استان مقدار متفاوتی برای هر عنصر ماتریس فضایی حاصل خواهد شد (Mamipour and Rezaei, 2018).

بعد از ساخت ماتریس فضایی و قبل از برآورد مدل رگرسیون فضایی، با توجه به روش‌شناسی انتخاب الگوی بهینه الهورست و مکان‌مند بودن سرریزها، برای بررسی و اطمینان از وجود رابطه هم‌بستگی فضایی بین متغیرهای بررسی شده از آزمون‌های تشخیصی موران، جری و LM Lag (Robust) استفاده شد و در این آزمون‌ها فرضیه صفر، عدم‌وابستگی فضایی در اجزای اخلال را نشان می‌دهد و در صورت رد فرضیه صفر مبنی بر عدم‌وابستگی فضایی، می‌توان از روش اقتصادسنجی فضایی استفاده کرد. آماره I موران، آزمونی از هم‌بستگی فضایی بین مشاهداتی است که توسط ماتریس وزنی همسایه شناخته شده‌اند. هر جفت را از طریق توابع فاصله‌ای وزن‌دهی می‌کند. در حالت رسمی‌تر برای n مکان از متغیر x_i، آماره I موران به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Viton, 2010)

$$I = \frac{R}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (۱)$$

که در آن

x_i ارزش مشاهده شده در محل i، $\bar{x}$ میانگین x بین n مکان و ارتباط فضایی متغیر مربوط به استان i را با متغیر مربوط به استان j با w_{ij} و ارتباط فضایی متغیرها را با ماتریسی N×N که در پژوهش‌های فضایی به ماتریس W معروف است. اگر فرضیه صفر مربوط به فقدان هم‌بستگی فضایی رد شود، نشان‌دهنده خود هم‌بستگی فضایی مثبت است (Viton, 2010). به این معنی که در استان‌های با سطوح توزیع مشابه، داده‌ها بیشتر به‌صورت فضایی و نه از روی تصادف خوشه‌بندی شده‌اند. اگر آمار کمتر از ارزش موردانتظار باشد نشان‌دهنده خود هم‌بستگی فضایی منفی است.

به‌طور کلی اثرات فضایی از طریق متغیر وابسته، جملات خطا و متغیرهای توضیحی در معادله رگرسیون تأثیر گذاشته و در قالب مدل‌های با وقفه فضایی[1]، خطای فضایی[2]، فضایی عمومی[3] و در نهایت دوربین فضایی[4] بررسی می‌شود. مهم‌ترین ویژگی مدل SDM نسبت به سایر مدل‌های فضایی از جمله SAR و SEM وارد کردن هم‌زمان SAR متغیرهای وابسته و متغیر توضیحی در مدل است(Monjazeb and Ghaseminejad, 2020).

با توجه به پیشینه پژوهش که اثر متغیرهای مختلف بر آلودگی محیط‌زیست را ارزیابی کرده‌اند، به‌منظور بررسی رابطه بین شهرنشینی بر آلودگی آب و رشد اقتصادی در استان‌های ایران از مدل اقتصادسنجی فضایی مطرح شده توسط یان استفاده شد (Yuan, 2019)

$$WE_{it} = \beta_0 + \beta 1 NU_{it} + \beta_2 (NU_{it})^2 + \beta_3 GDP_{it} + \beta_4 VA_{it} + \mu_{it} \quad (۲)$$

که در آن

WE معرف مصرف کود و سموم شیمیایی که به‌عنوان شاخص آلودگی آب در استان‌های ایران در نظر گرفته شد. NU جمعیت شهرنشینی، GDP تولید ناخالص داخلی سرانه، VA سهم ارزش افزوده تولید ناخالص داخلی هر استان است. μ جزء اخلال مدل را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی فرضیه EKC از دیدگاه شهرنشینی، متغیر NU^2 که معرف مجذور جمعیت شهرنشینی است به مدل اضافه شد. فرضیه EKC و شهرنشینی (U وارون) زمانی صادق است که اولاً ضرایب β_1 و β_2 معنادار بوده و ثانیاً علامت این ضرایب به‌ترتیب مثبت و منفی باشد. داده‌های از مرکز آمار ایران و بانک مرکزی در دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ جمع‌آوری شده و برای برآورد مدل از نرم‌افزار Stata15 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در ابتدا مانایی متغیرهای استفاده شده در برآورد داده‌های ترکیبی با استفاده از آزمون ریشه واحد لوین و همکاران LLC بررسی شد. زیرا ناایستایی چه در مورد داده‌های سری زمانی و چه تابلویی باعث می‌شود تا مشکل رگرسیون کاذب بروز کند. در جدول ۱ نتایج این آزمون برای مقدار متغیرها گزارش شده است (Levin et al., 2002).

فرضیه H_0 آزمون ریشه واحد LLC بیانگر ناایستایی متغیرهاست. نتایج جدول و بررسی مقدار آمار محاسبه شده و احتمال پذیرش آنها نشان می‌دهد متغیرهای شاخص آلودگی آب (WE)، جمعیت شهرنشینی (NU)، تولید ناخالص داخلی سرانه (GDP)، سهم ارزش افزوده تولید ناخالص داخلی هر استان (VA) و مجذور جمعیت شهرنشینی هر استان (NU^2) در سطح مانا هستند، یعنی فرضیه H_0 مبنی بر ناایستایی متغیرها رد می‌شود، بنابراین

جدول ۱ - نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرها (لوین و همکاران، ۲۰۰۲)

Table 1. Results of stationary test of variables (Levin et al., 2002)

Results	Possibility	Statistics	Variables
I(0)	0.000***	-14.12	WE
I(0)	0.000***	-5.88	NU
I(0)	0.000***	-31.8	NU^2
I(0)	0.001***	-1.71	GDP
I(0)	0.000***	-9.00	VA

Source: Research findings (* and **, *** are significant at 10%, 5% and 1%).

[1] Spatial Autoregressive Model (SAR)
[2] Spatial Error Model (SEM)
[3] Spatial Autocorrelation Model (SAC)
[4] Spatial Durbin Model (SDM)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

بدون نگرانی از وجود رگرسیون کاذب، می‌توان آزمون‌های بعدی و تخمین مدل را انجام داد.

بعد از ساخت ماتریس فضایی با استفاده از فواصل زمینی بین استان‌ها و قبل از برآورد مدل رگرسیون فضایی، برای اطمینان از وجود رابطه هم‌بستگی فضایی بین متغیرها از آزمون‌های تشخیصی موران، جری، جیتیس و LM Lag (Robust) استفاده شد. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که تمامی آماره‌های فضایی از جمله آزمون‌های موران، جری، جیتیس و LM Lag (Robust) در مدل SDM معنادار شده است که حاکی از آن است که نتایج این مدل بهتر است. ویژگی مهم مدل SDM این است که هم‌زمان به متغیر وابسته و متغیرهای توضیحی اجازه تعاملات فضایی را می‌دهد.

با توجه به جدول ۳، همان گونه که از نتایج پژوهش برمی‌آید، شهرنشینی یکی از متغیرهایی است که نقش به‌سزایی در آلودگی آب دارد. به‌طوری که جمعیت شهرنشینی در استان‌های کشور با ضریب ۵۴/۰۷ تأثیر مثبت و معناداری بر شاخص آلودگی آب دارد یعنی با افزایش میزان جمعیت شهرنشینی انتظار می‌رود شاخص آلودگی آب (مصرف سموم و کود شیمیایی) بیشتر شود تأثیر معنی‌دار و مثبت جمعیت شهرنشینی بر فشارهای محیط‌زیستی با مبانی نظری و مطالعات تجربی سازگار است (Sulemana et al., 2019, Li et al., 2020). اما مجذور جمعیت شهرنشینی با ضریب ۰/۰۰۴- اثر منفی و معناداری بر شاخص آلودگی آب دارد. با توجه به علامت ضرایب NU و NU^2 در مدل EKC یعنی رابطه U وارون میان گسترش شهرنشینی و شاخص آلودگی آب در استان‌های ایران برای دوره زمانی بررسی شده موردتأیید است. لیو و همکاران نیز در پژوهشی نیز فرضیه EKC در مورد آلودگی آب برای کشور چین را تأیید کرده است (Liu et al., 2007). تولید ناخالص داخلی سرانه (رشد اقتصادی) بر آلودگی آب تأثیر معناداری نداشته اما سهم

جدول ۲- آزمون‌های تشخیصی موران و ضریب لاگرانژ برای مدل پانل فضایی

Table 2. Moran diagnostic tests and Lagrange coefficient for spatial panel model

Statistics	Moran	Geary	Getis	LM Lag (Robust)
SAC	0.02(0.15)	0.93(0.02)	0.26(0.15)-	1.28(0.26)
SDM	0.04(0.01) **	0.89(0.00) **,*	-0.49(0.01) **	4.18(0.04) **
SEM	0.02(0.15)	0.93(0.02)	0.26(0.15)	1.28(0.26)
SAR	0.03(0.11)	0.93(0.01)	0.30(0.11)-	1.6(0.2)

Source: Research findings (* and **, *** are significant at 10%, 5% and 1%).

جدول ۳- نتایج برآورد مدل‌های مختلف فضایی

Table 3. Estimation results of different spatial models

SAC		SDM		SEM		SAR		Variables
Possibility	Coefficient	Possibility	Coefficient	Possibility	Coefficient	Possibility	Coefficient	
0.000***	44.97	0.000***	54.07	0.000***	42.61	0.000***	44.12	NU
0.000**	0.003-	0.000***	0.004-	0.000***	-0.003	0.000***	0.003	NU^2
0.55	0.017-	0.43	0.025-	0.38	-0.028	0.4	-0.025	GDP
0.07	0.00001-	0.000***	0.00002-	0.15	-0.000007	0.08*	0.000008-	VA
		0.05**	0.054					W1xNU
		0.05**	0.000004-					$W1xNU^2$
		0.000***	0.0006					W1xGDP
		0.000***	0.0000002-					W1xVA
		0.05**	0.00025					λ
0.4	20804-	0.01**	88484-	0.09	9266	0.54	6969-	C

Source: Research findings (* and **, *** are significant at 10%, 5% and 1%).

ارزش افزوده هر استان بر شاخص آلودگی آب منفی و معنادار بوده است که حاکی از آن است که هر چه حجم فعالیت‌های اقتصادی استان‌ها بیشتر باشد استان از نظر شاخص آلودگی آب در وضعیت بدتری قرار خواهد داشت.

همان طور که اطلاعات جدول نشان می‌دهد، اثرات سرریز فضایی کلیه متغیرهای توضیحی، از نظر آماری معناداری و علامت آنها با مبانی نظری سازگار هستند. اثرات سرریز فضایی جمعیت شهرنشینی (W1xNU) و مجذور جمعیت شهرنشینی ($W1xNU^2$) بر شاخص آلودگی آب در استان‌های ایران به‌ترتیب با ضرایب ۰/۰۵۴ و ۰/۰۰۰۰۰۴- مثبت و منفی و معنادار شده است. یعنی با تغییر میزان نسبت جمعیت شهرنشینی و مجذور جمعیت شهرنشینی در یک استان علاوه بر تأثیرگذاری در استان موردنظر، اثرات سرریز بر استان‌های مجاور نیز دارد که بر اساس آن می‌توان استنباط کرد که رابطه U وارون میان سرریز فضایی نسبت گسترش شهرنشینی و شاخص آلودگی آب در استان‌های ایران برقرار است. دلیل آن این است که کشاورزان کمتر به مشکلات محیط‌زیستی مصرف کود و سموم شیمیایی توجه کرده و در برخی از موارد با مصرف بیش از حد این کودها و سموم به‌منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی باعث آلودگی بیشتر آب شده و کمتر به تکنولوژی‌های سازگار با محیط‌زیست توجه می‌کنند، اما با کسب اطلاعات در زمینه پیامدهای محیط‌زیستی ناشی از مصرف انواع سموم، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها در بخش کشاورزی بر آلودگی آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و خاک و دسترسی به تکنولوژی‌های بهتر و بالاتر مانند استفاده از کودهای ارگانیک به مرور آلودگی آب کاهش می‌یابد که با کارهای پژوهشی (Cai et al., 2020, Thompson, 2014) سازگار و همسو است.

اثرات سرریز فضایی تولید ناخالص داخلی سرانه (W1xGDP) بر شاخص آلودگی آب مثبت و معنادار بوده است که با کار پژوهشی لی و همکاران سازگار و همسو است در حالی که اثرات سرریز فضایی سهم ارزش افزوده هر استان (W1xVA) بر شاخص آلودگی آب منفی و معنادار بوده است که نشانگر این مطلب است که رشد اقتصادی استان و افزایش سهم ارزش افزوده هر استان بر شاخص آلودگی آب استان‌های مجاور تأثیرگذار است که با کار پژوهشی، یان سازگار و همسو است. معنادار و مثبت بودن ضریب متغیر سرریز فضایی (۰/۰۰۰۲۵) پژوهش تأییدکننده این واقعیت است بخشی از افزایش آلودگی آب هر یک از استان‌های کشور، به‌واسطه اثر فاصله با سایر استان‌ها بوده است و عدم‌توجه به اثرات فضایی بین استان‌ها منجر به تورش در تصریح مدل‌ها و به‌تبع آن خطا در برنامه ریزی برای کاهش آلودگی آب خواهد شد (Li et al., 2020, Yan, 2019).

۴- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین تهدیدهای جدی پیش روی بسیاری از کشورها آلودگی‌های ناشی از آب است که از تخلیه پسماندهای صنعتی در آبها یا مصرف کود و سموم شیمیایی کشاورزی به‌وجود می‌آید و یکی از عناصر اصلی توسعه پایدار دسترسی آب کافی، از نظر کمیت و کیفیت است که به نوعی بر تمامی فعالیت‌های اقتصادی و امنیت غذایی تأثیرگذار است. در این زمینه پژوهش‌های محدودی در داخل کشور انجام شده است و به بعد مکانی و مسئله ناهمسانی فضایی بین استان‌ها توجه نشده است. در این پژوهش رابطه بین شهرنشینی، آلودگی آب و رشد اقتصادی برای ۳۰ استان کشور طی دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ با استفاده از رهیافت پانل فضایی بررسی شد. قبل از تخمین مدل ابتدا باید از مانایی متغیرها اطمینان حاصل کرد تا از رگرسیون کاذب جلوگیری شود که با انجام آزمون ایستایی لوین، لین و همکاران مشخص شد که تمامی متغیرها در سطح مانا هستند (Levin et al., 2002). در ادامه به منظور بررسی هم‌بستگی فضایی بین متغیرها از آزمون‌های تشخیصی موران، جری، جیتیس و LM Lag (Robust) استفاده شد که نتایج این آزمون‌ها وجود وابستگی فضایی و مدل SDM را تأیید می‌کنند. بررسی ضرایب اثرات فضایی متغیرها بر آلودگی آب در بین استان‌های کشور نشان می‌دهد این ضرایب همگی معنادار هستند. بر اساس نتایج، فرضیه EKC فضایی در استان‌های کشور به‌صورت U وارون تأیید می‌شود. رابطه U معکوس به این معنی است که پیشرفت شهرنشینی همواره با افزایش آلودگی همراه نبوده و نشان‌دهنده آن است که با پیشرفت شهرنشینی، ابتدا موجب افزایش شاخص آلودگی آب شده است، اما در ادامه وقتی از مقدار مشخصی فراتر رود، از شاخص آلودگی آب در اثر مصرف سموم و کودهای شیمیایی کاسته خواهد شد. سهم ارزش افزوده هر استان و اثرات سرریز آن بر آلودگی آب منفی و معنادار بوده است که حاکی از آن است که هر چه حجم فعالیت‌های اقتصادی استان‌ها بیشتر باشد،

dx.doi.org/10.22093/wwj.2021.269544.3106

استان از نظر شاخص آلودگی آب در وضعیت بدتری قرار خواهد داشت و حتی این تولید یا ارزش افزوده استان بر آلودگی آب استان‌های مجاور نیز تأثیرگذار است. در این راستا، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران بخش کشاورزی، کشاورزان را از تبعات استفاده بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی در هر استان و تأثیر آن بر آلودگی آب دراستان‌های ایران و استان‌های مجاور مطلع کرده و با جایگزینی کودهای ارگانیک به‌جای کودهای شیمیایی زمینه کاهش آلودگی آب آن استان و استان‌های مجاور را فراهم کنند.

۵- قدردانی

به‌این وسیله از همکاری بخش گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان در انجام این پژوهش قدردانی می‌شود.

References

Alam, S., Fatima, A. & Butt, M. 2007. Sustainable development in Pakistan in the context of energy consumption demand and environmental degradation. *Journal of Asian Economics*, 18**,** 825-837.

Amirnejad, H., Taslimi, M. & Mazraeh, F. 2019. The effects of economic growth and urbanization of Mazandaran province of Iran on environmental quality of water with emphasis on rivers of the province. *Eqtesad-E Keshavarzi Va Towsee*, 27**,** 161-168. (In Persian)

Arouri, M., Youssef, A., M'henni, H. & Rault, C. 2012. Energy consumption, economic growth and CO_2 emissions in middle east and north african countries. *Energy Policy*, 45**,** 342-349.

Biabi, H., Mohammadi, H. & Aboolhasni, L. 2015. The effect of economic factors on underground water pollution in two groups of developed and under developing countries. *Journal of Economic and Agriculture Developing*, 29**,** 86-93. (In Persian)

Cai, H., Mei, Y., Chen, J., Wu, Z., Lan, L. & Zhu, D. 2020. An analysis of the relation between water pollution and economic growth in China by considering the contemporaneous correlation of water pollutants. *Journal of Cleaner Production*, 276**,** 122783.

Conceicão, P. 2019. *Human development report.* UNDP Pub., New York, USA.

Falahi, F. & Hekmati, F. 2013. Determinants of CO_2 emissions in the Iranian provinces. *Iranian Energy Economics*, 6**,** 129-150. (In Persian)

Gujarati, D. 2004. Basic econometrics, McGraw− Hill, USA.

Khazayi, S. H. 2009. Sess the health status and quality of groundwater in the Mazandaran porivnce of the insecticide diazinon (Mahmoud Abad city case study). *12th National Conference on Environmental Health*, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian)

Khoadadi, M. 2009. Etermination of residual concentrations of phosphorus and carbamate pesticides and organiphosphate pesticides in drinking water sources in Hamedan. *12th National Conference on Environmental Health*, Shahid Beheshti University Tehran, Iran. (In Persian)

Levin, A., Lin, C. F. & Chu, C. S. J. 2002. Unit root test in panel data: asymptotic and finit-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1)**,** 1-24.

Liu, X., Heilig, G. K., Chen, J. & Heino, M. 2007. Intractions between economic growth and environmental quality in Shenzhen, China's first special economic zone. *Ecological Economics*, 62**,** 559-570.

Li, K., Fang, L. & He, L. 2018. How urbanization affects China's energy efficiency: a spatial econometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 200**,** 1130-1141.

Li, Z., Xu, Y., Sun, Y., Wu, M. & Zhao, B. 2020. Urbanization-driven changes in land-climate dynamics: a case study of Haihe River basin, China. *Remote Sensing*, 12(17)**,** 2701.

Mamipour, S. & Rezaei, A. 2018. Economic growth and regional labour market development in Iran's provinces: Okuns law in a spatial context. *Economic Growth and Economic Development Research*, 8**,** 107-122. (In Persian)

Monjazeb, M. & Ghaseminejad, A. 2020. Estimationing residential water use gap in the privileged provinces: spatial panel approach. *Journal of Sustainable Growth and Development*, 20**,** 1-28. (In Persian)

Pajooian, J. & Lashkaryzadeh, M. 2010. An investgation of the effective facors on the realtionsship between economic growth and environmental quality. *Iranian Economic Research*, 14**,** 168-188. (In Persian)

Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. 1992. *Economic growth and environmental quality: time-series and cross-country evidence*, World Bank Publications. WPS 904, Washington, USA.

Shahbazi, K., Hamidirazai, D. & Feshari, M. 2015. Investigating the factors affecting air pollution emissions in Caspian Sea countries: panel spatial Durbin model. *Journal of Environmental Studies*, 41(1)**,** 107-127. (In Persian)

Sulemana, I., Nketiah-Amponsah, E., Codjoe, E. A. & Andoh, J. A. N. 2019. Urbanization and income inequality in Sub-Saharan Africa. *Sustainable Cities and Society*, 48**,** 101544.

Tarazkar, M., Kargar, D. & Bakhshoodeh, M. 2018. The effects of economic development and urbanization on pollution emissions. *Journal of Agricultural Economics Research*, 10**,** 155-174. (In Persian)

Thompson, A. 2014. Environmental Kuznets curve for water pollution: the case of border countries. *Modern Economy*, 5**,** 66-69.

Turral, H., Burke, J. & Faures, J. M. 2019. *Climate change, water and food security*. *FAO Publications*, Rome, Italy.

UNDP, 2019. Human development report; New York :Oxford Univercity Press.

Viton, P. A. 2010. Notes on spatial econometric models. *City and Regional Planning*, 870**,** 2-17.

Yuan, Y. 2019. Urbanization, water pollution and economic growth-analysis of spatial econometric model based on inter-provincial data. *Education and Social Science*, 164**,** 862-867.

Zhong, S., Li, J. & Zhao, R. 2021. Does environmental information disclosure promote sulfur dioxide (SO_2) remove? new evidence from 113 cities in China. *Journal of Cleaner Production*, 299**,** 126906.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.