Town & Country Planning *https://jtcp.ut.ac.ir/*
Vol. 14, No. 2, Autumn & Winter 2022-2023 *Print ISSN: 2008-7047*
Manuscript Type: Research Paper *Online ISSN: 2423-6268*
DOI: 10.22059/jtcp.2022.342138.670322

The Measurement of the Balance Between Urbanization Development and Environment in Khorasan Razavi Province

Hossein Aghajani[1], Farnaz Sarkari[2*]

1. Assistant Professor, Department of Regional Sustainable Urban Development, Academic Center for Education, Culture and Research, Mashhad, Iran
2. MSc of Urban Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

(Received: May 8, 2022; Accepted: July 9, 2022)

Abstract

The development of urbanization in accordance with environment is an important issue for sustainability. A correct understanding of the relationship between urbanization and environment is highly vital for the coordinated development of both systems. In recent decades, the expansion of urbanization and manmade infrastructure without taking into account the environmental resources has been increasing. This has led to numerous consequences such as the reduction of environmental resources and the escalation of environmental pollution, and has severely endangered the future of sustainable development in Khorasan Razavi province. In the study at hand, the balance among urbanization and environment subsystems was examined using the coupling coordination degree model in the cities of Khorasan Razavi province. The ranking of cities was done based on the coupling coordination degree scores. Based on the scores of cities in each subsystem, the cities were divided into four areas, namely areas under urbanization pressure, areas under environment pressure, areas under dual pressure, and areas under no pressure, and the relationships between the coupling coordination degree and the areas were compared. The results showed that Gonobad (.66) and Dargaz (.62) cities have achieved the highest balance score and have been classified in the primary balance group. On the other hand, Khoshab (.36), Mahwelat (.38), and Davarzan (.39) cities had the lowest rate of balance and were classified in the average imbalance group. While the majority of the cities located in the areas under double pressure and environment pressure were classified in the low imbalance group, most of the cities located in the areas under no pressure and urbanization pressure were grouped in the near-to-balance category. Overall, based on the calculations made in this study, the coupling coordination degree has been increasing from dual pressure area to area under environmental pressure, then to the area under urbanization pressure, and finally to the area under no pressure.

Keywords

urbanization, environment, coupling coordination degree, partition, balance of subsystems.

---

* **Corresponding Author, Email:** Farnaz.sarkari@ut.ac.ir

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۴، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
صفحات ۴۹۰-۴۶۳ (پژوهشی)

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

سنجش تعادل توسعهٔ شهرنشینی و محیط زیست در استان خراسان رضوی

حسین آقاجانی[۱]، فرناز سرکاری[۲*]

۱. استادیار، گروه توسعهٔ پایدار شهری- منطقه‌ای جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران
۲. کارشناس‌ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸)

چکیده

توسعهٔ شهرنشینی متناسب با محیط زیست موضوعی مهم برای پایداری است. درک درست رابطهٔ بین شهرنشینی و محیط زیست برای توسعهٔ هماهنگ هر دو سیستم بسیار ضروری است. در دهه‌های اخیر گسترش شهرنشینی و زیرساخت‌های انسان‌ساخت بدون توجه به منابع محیط زیست رو به افزایش بوده است که باعث آثار فراوانی از قبیل کاهش منابع و آلودگی‌های محیط زیستی شده و آیندهٔ توسعهٔ پایدار استان را به‌شدت تهدید کرده است. در این مطالعه تعادل بین زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست با استفاده از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه در شهرستان‌های استان خراسان رضوی بررسی و رتبه‌بندی شهرستان‌ها بر اساس امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه انجام شد. بر اساس امتیاز شهرستان‌ها، در هر زیرسیستم، شهرستان‌ها در چهار منطقهٔ ۱. فشار شهرنشینی؛ ۲. فشار محیط زیستی؛ ۳. فشار دوگانه؛ ۴. عدم فشار تقسیم و رابطهٔ بین درجهٔ هماهنگی دوگانه و مناطق با یک‌دیگر مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد شهرستان‌های گناباد (۰٫۶۶) و درگز (۰٫۶۲) به ترتیب بالاترین امتیاز تعادل را به دست آورده و در دستهٔ تعادل اولیه قرار گرفته‌اند. شهرستان‌های خوشاب (۰٫۳۶)، مه‌ولات (۰٫۳۸)، داورزن (۰٫۳۹) به ترتیب پایین‌ترین وضعیت تعادل را داشته و در دستهٔ عدم تعادل متوسط جای گرفته‌اند؛ درحالی‌که اکثر شهرستان‌های قرارگرفته در مناطق فشار دوگانه و فشار زیست‌محیطی در دستهٔ عدم تعادل کم واقع شده‌اند و اکثر شهرستان‌های واقع در مناطق عدم فشار و دارای فشار شهرنشینی در دستهٔ نزدیک به تعادل جای گرفته‌اند. به طور کلی بر اساس محاسبات انجام‌شده درجهٔ هماهنگی دوگانه از منطقهٔ فشار دوگانه به منطقهٔ دارای فشار زیست‌محیطی و بعد از آن منطقهٔ دارای فشار شهرنشینی و در انتها منطقهٔ عدم فشار در حال افزایش بوده است.

کلیدواژگان

تعادل زیرسیستم‌ها، تقسیم‌بندی، درجهٔ هماهنگی دوگانه، شهرنشینی، محیط زیست.

---

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: Farnaz.sarkari@ut.ac.ir

مقدمه و بیان مسئله

شهرنشینی فرایندی چندبعدی است شامل جمعیت، فضا، جامعه، اطلاعات، زیرساخت‌ها، اقتصاد، و سایر عناصر و دارای جمعیت انسانی در حال گسترش، توسعهٔ اقتصادی، گسترش فضایی، سبک زندگی، و تغییرات رفتاری مصرفی با بهبود استانداردهای زندگی شهری. شهرنشینی فرایندی ترکیبی است که تمرکز درون‌گرا و گسترش برون‌گرا را ترکیب می‌کند (Tian et al. 2020). گرچه شهرنشینی رونق اقتصادی را به همراه دارد، رونق اقتصادی، که متکی به مصرف بیش از حد انرژی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع باشد فشار زیادی بر ظرفیت تحمل منابع و محیط زیست وارد می‌کند و باعث مشکلات زیست‌محیطی مانند ترافیک، انتشار کربن، آلودگی هوا، و تخریب محیط زیست می‌شود (W. Li et al. 2021).

افزایش تراکم جمعیت باعث ایجاد هزینه‌های زیاد برای کالاها و خدمات زیست‌محیطی متعدد می‌شود که ظرفیت ارائهٔ اکوسیستم‌ها را برای حفظ نسل کنونی و آینده تضعیف می‌کند. علاوه بر این، گسترش شهری و تغییرات کاربری زمین، که برای ساخت شهرها و حمایت از خواسته‌های جمعیت شهری ایجاد شده است، انواع دیگر تغییرات محیطی را به دنبال دارد. پراکندگی شهری باعث تنش منابع طبیعی زمین، تخریب چشم‌انداز، و تخریب محیط زیست می‌شود. بعد اقتصادی شهرنشینی تأثیرات دوگانه‌ای بر محیط زیست دارد. از یک طرف رشد سریع اقتصاد مقادیر زیادی از منابع طبیعی مختلف را مصرف می‌کند و فشار زیادی بر اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌کند و از طرف دیگر شرایط اقتصادی توسعه‌یافته می‌تواند سرمایهٔ کافی برای حفظ عملکرد اکوسیستم ایجاد کند. بعد اجتماعی شهرنشینی شامل نفوذ اقتصاد شهری و شیوهٔ زندگی در مناطق وسیع روستایی است. با تغییر شیوهٔ زندگی مردم و عقاید آن‌ها در مورد مصرف، استفاده از منابع و حفاظت از محیط زیست تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به بهبود مستمر آگاهی انسان در مورد محیط زیست، زیرساخت‌های سبز می‌تواند به‌تدریج ظهور و افزایش یابد و در نتیجه اکوسیستم‌های طبیعی را تا حدودی تقویت کند (Zhou et al. 2018).

شهرنشینی و محیط زیست رابطه‌ای به‌هم‌پیوسته، متقابل، و وابسته به یک‌دیگر دارند و تعاملات مثبت و منفی بین آن‌ها وجود دارد؛ طوری که این تعاملات بر کل سیستم تأثیرگذار است. یک مشکل در یک سیستم خاص به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر سیستم دیگر تأثیر می‌گذارد و در

نهایت باعث عدم تعادل یا حتی فروپاشی کل سیستم می‌شود (Fu et al. 2020). مثلاً، خوشه‌های صنعتی به دلیل تراکم بالای جمعیت و شهرنشینی سریع درجات مختلفی از تهدیدات اکولوژیکی را برای محیط اطراف خود ایجاد خواهند کرد. در مقابل، سیستم شهری و محیط زیستی که به‌خوبی توسعه یافته‌اند و یک‌دیگر را ارتقا می‌دهند می‌توانند تکامل مستمر و سالم کل سیستم را ارتقا دهند و به توسعهٔ پایدار منطقه‌ای دست یابند (Franco et al. 2017).

بنابراین، تبیین مکانیسم تعامل بین‌شهرنشینی و محیط زیست برای افزایش پایداری منطقه‌ای به یک موضوع مهم تبدیل شده است که محققان زیادی در سراسر جهان به آن پرداخته‌اند (Li et al. 2016; Tian et al. 2020). این مطالعات عمدتاً سه نوع نظریه را اتخاذ کرده‌اند: نظریهٔ ظرفیت تحمل، نظریهٔ محیطی منحنی کوزنتس (EKC)، نظریهٔ توسعهٔ هماهنگ دوجانبه (Liu et al. 2021).

تئوری توسعهٔ هماهنگ دوگانه رابطهٔ نسبی را به جای رابطهٔ مطلق بین سیستم‌های چندگانه مطالعه می‌کند. بنابراین، به طور گسترده برای مطالعهٔ تعامل بین سیستم‌های مختلف استفاده شده است (D. Cui et al. 2019). سیستمی متشکل از زیرسیستم‌های شهرنشینی و زیست‌محیطی را می‌توان به عنوان یک سیستم دوگانه تعریف کرد. دوگانگی، که از علم فیزیک نشئت گرفته است، به پدیده‌ای اطلاق می‌شود که در آن دو یا چند سیستم از طریق فعل و انفعالات مختلف بین خود و دنیای خارج بر یک‌دیگر تأثیر می‌گذارند (Fu et al. 2020).

در استان خراسان رضوی، در دهه‌های اخیر، گسترش شهرنشینی و زیرساخت‌های انسان‌ساخت رو به افزایش بوده است که باعث ایجاد تأثیرات زیست‌محیطی فراوان، از قبیل کاهش منابع زیست‌محیطی، به‌ویژه کاهش منابع آب، فرونشست زمین، آلودگی هوا، و غیره شده و آیندهٔ توسعهٔ پایدار استان را به‌شدت تهدید کرده است. هماهنگی و تعادل بین شهرنشینی و زیرساخت‌های انسان‌ساخت و محیط زیست امری ضروری و فوری است که باعث شده در زمینهٔ بررسی تعاملات جفتی و درجهٔ هماهنگی بین شهرنشینی و محیط زیست برای دستیابی به توسعهٔ بهینه و پایدار به صورت جدّی تحقیق صورت گیرد.

تعاملات بین سیستم‌ها و بررسی درجهٔ هماهنگی و وجود تعادل و تعارض بین سیستم‌ها موضوع جدیدی است که تا به حال مطالعه ای در رابطه با این موضوع در زمینهٔ جغرافیا و محیط

طبیعی در ایران صورت نگرفته است. این مطالعه با هدف ارزیابی جامع رابطهٔ تعاملی بین شهرنشینی و محیط زیست صورت گرفته است و به این مسئله می‌پردازد که آیا بین سیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست هماهنگی و تعادل وجود دارد یا نه. برای بررسی هماهنگی بین زیرسیستم‌ها، ارزیابی توسعه‌یافتگی زیرسیستم شهرنشینی و محیط زیست، تقسیم‌بندی شهرستان‌ها بر اساس امتیاز و رابطهٔ بین شهرنشینی و محیط زیست، ارزیابی تعادل بین شهرنشینی و محیط زیست، بررسی ارتباط تعادل با تقسیم‌بندی شهرستان‌ها بررسی و تحلیل شده‌اند.

پیشینهٔ تجربی پژوهش

اغلب تحقیقات مبتنی بر ارزیابی درجهٔ تعادل در طول زمان سنجش شده‌اند با این هدف که آیا تعادل بین زیرسیستم‌ها در طول زمان در مناطق مختلف بهبود پیدا کرده است یا بدتر شده است. در این تحقیقات تعداد زیرسیستم‌های مورد بررسی اکثراً دو یا سه مورد بوده‌اند. با این حال امکان استفاده از این مدل در زیرسیستم‌های بیشتر نیز وجود دارد. تحقیقات زیادی در رابطه با بررسی دو زیرسیستم شهرنشینی و محیط زیست با استفاده از این مدل صورت گرفته است. زیرسیستم شهرنشینی در تحقیقاتی چون پژوهش‌های سای و همکاران (۲۰۲۱)[1]، فان و همکاران (۲۰۲۰)[2]، فو و همکاران (۲۰۲۰)[3]، لی و همکاران (۲۰۲۱)[4]، تیان و همکاران (۲۰۲۰)[5]، ژانگ و لی (۲۰۲۰)[6]، ژو و همکاران(۲۰۲۱)[7]، ژو و همکاران(۲۰۱۸)[8] دارای چهار بعد اجتماعی، اقتصادی، فضایی، و جمعیتی بوده است و در تحقیقاتی چون پژوهش‌های شیائو و همکاران(۲۰۲۱)[9]، لی و همکاران (۲۰۲۱)[10]، شیائو و همکاران(۲۰۲۱)[11] زیرسیستم اقتصادی- اجتماعی به صورت جداگانه بررسی

1. Cai et al. 2021
2. Fan et al. 2020
3. Fu et al. 2020
4. W. Li et al. 2021
5. Tian et al. 2020
6. Zhang & Li 2020
7. Zhao et al. 2021
8. Zhou et al. 2018
9. Y. Xiao et al. 2021
10. Q.Li et al. 2021
11. R. Xiao et al. 2021

شده است. شیائو و همکارانش (۲۰۲۱)[1] تعادل زیرسیستم رشد اقتصادی- اجتماعی با زیرسیستم رشد فضای شهری (گسترش سطح ساخته‌شده) را در هفت منطقهٔ شهری بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ بررسی کرده‌اند. لی و همکارانش (۲۰۲۱)[2] به بررسی تعادل زیرسیستم سطح توسعهٔ اقتصادی (رشد اقتصادی، ساختار صنعتی، کارایی کیفی، تجارت خارجی) با زیرسیستم سطح امنیت اجتماعی (سطح مخارج تأمین اجتماعی، صندوق تأمین اجتماعی، نرخ پوشش بیمهٔ اجتماعی، درمان تأمین اجتماعی) با استفاده از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه، خودهمبستگی فضایی، مدل بیضی انحراف معیار پرداخته‌اند.

برخلاف زیرسیستم شهرنشینی، که در اکثر پژوهش‌ها با ضرب امتیاز شاخص در وزن شاخص محاسبه شده است، برای بررسی زیرسیستم محیط زیست عناوین و مدل‌ها و متغیرهای مختلف در پژوهش‌ها به کار رفته است. تعدادی از پژوهش‌ها مانند ژو و همکاران(۲۰۱۸)[3]، تیان و همکاران(۲۰۲۰)[4]، لی و همکاران(۲۰۲۱)[5]، سای و همکاران(۲۰۲۱)[6] از مدل‌های متفاوت برای محاسبهٔ امتیاز زیرسیستم محیط زیست استفاده کرده‌اند. مثلاً ژو و همکاران (۲۰۱۸)[7]، تیان و همکاران(۲۰۲۰)[8] به بررسی تعادل زیرسیستم شهرنشینی و خدمات اکوسیستم پرداختند. در این پژوهش‌ها امتیاز زیرسیستم خدمات اکوسیستم با استفاده از مدلی کوستانزا و همکارانش(۱۹۹۷)[9] پیشنهاد کرده‌اند محاسبه شده است. سای و همکارانش (۲۰۲۱)[10] به بررسی زیرسیستم شهرنشینی با محیط زراعی- اکولوژیکی پرداختند. آن‌ها برای محاسبهٔ امتیاز محیط زراعی- اکولوژیکی از مدل SBM-DEA استفاده کردند. لی و همکارانش (۲۰۲۱)[11] به بررسی تعادل شهرنشینی با سلامت

1. R. Xiao et al. 2021
2. Q. Li et al., 2021
3. Zhou et al. 2018
4. Tian et al. 2020
5. W. Li et al. 2021
6. Cai et al. 2021
7. Zhou et al. 2018
8. Tian et al. 2020
9. Costanza et al.,1997
10. Cai et al., 2021
11. W. Li et al., 2021

اکوسیستم پرداختند. سلامت اکوسیستم در این پژوهش با استفاده از مدل قدرت اکوسیستم، سازمان اکوسیستم، تاب‌آوری اکوسیستم، خدمات اکوسیستم (V-O-R-S) محاسبه شده است.

در تعدادی دیگر از پژوهش‌ها امتیاز زیرسیستم محیط زیست، مانند زیرسیستم شهرنشینی، با استفاده از روش ضرب امتیاز شاخص‌ها در وزن شاخص‌ها محاسبه شده است. شیائو و همکارانش (۲۰۲۱)[1] به بررسی تعادل زیرسیستم اقتصادی- اجتماعی با زیرسیستم محیط زیست اکولوژیک در مناطق آسیب‌دیده بعد از زلزلهٔ ونچون، بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۸، پرداختند. در این پژوهش امتیاز زیرسیستم محیط زیست اکولوژیک، مانند زیرسیستم اقتصادی- اجتماعی، با ضرب امتیاز شاخص‌ها در وزن شاخص‌ها محاسبه شد. فو و همکارانش (۲۰۲۰)[2] به بررسی تعادل بین شهرنشینی و محیط زیست پرداختند. با اینکه در این پژوهش زیرسیستم محیط زیست با استفاده از مدل فشار- وضعیت- کارایی- پاسخ ارزیابی شده است روش محاسبهٔ امتیاز زیرسیستم محیط زیست مانند شهرنشینی بوده است؛ بدین صورت که هر بعد محیط زیست دارای تعدادی شاخص بوده و امتیاز محیط زیست با ضرب امتیاز شاخص‌ها در وزن شاخص‌ها محاسبه شده است. در پژوهش فنگ و همکارانش (۲۰۲۱)[3] تعادل کیفیت محیط ساخته‌شده (اقتصاد شهرنشینی، توسعهٔ زیرساختی، جذابیت شهری) با فشارهای زیست‌محیطی (مصرف منابع، آلودگی‌های زیست‌محیطی) بررسی شد. در این پژوهش نیز امتیاز زیرسیستم محیط زیست با ضرب امتیاز شاخص‌ها در وزن شاخص‌ها محاسبه شد.

در بسیاری از پژوهش‌ها، به جای بررسی کلی زیرسیستم محیط زیست، زیرسیستم‌های خردتر، مانند کیفیت هوا در پژوهش فان و همکارانش(۲۰۲۰)[4] یا محیط آبی در پژوهش ژو و همکارانش(۲۰۲۱)[5] بررسی شده‌اند. این مدل می‌تواند در سطوح متفاوتی (شهر، منطقهٔ شهری، شهرستان، استان، کشور) به کار رود. با این حال در رابطه با موضوع تعادل شهرنشینی و محیط زیست بیشتر پژوهش‌ها در مقیاس شهرستان و استان بوده است.

1. Y. Xiao et al., 2021
2. Fu et al., 2020
3. Fang et al., 2021
4. Fan et al. 2020
5. Zhao et al. 2021

با وجود اینکه در زمینهٔ توسعه‌یافتگی استان‌ها و شهرستان‌های مختلف و تحلیل نابرابری‌های توسعه‌یافتگی در ایران مطالعات زیادی صورت گرفته است، در رابطه با بررسی تعادل‌های منطقه‌ای بین شهرنشینی و محیط زیست کمتر مطالعه‌ای انجام شده است. بررسی شاخص‌های موجود در این مطالعات می‌تواند در تکمیل متغیرهای تحقیق به کار رود. بنابراین، در این بخش از تحقیق به تعدادی از این پژوهش‌ها پرداخته می‌شود.

جعفری و همکارانش (۱۳۹۹) با استخراج سی شاخص از سرفصل اقتصادی سالنامهٔ آماری و استفاده از روش‌های آنتروپی شانون و ضریب تغییرات ویکور به تحلیل فضایی توسعهٔ منطقه‌ای استان‌های کشور بر مبنای شاخص‌های اقتصادی پرداختند و نتیجه گرفتند استان‌های عمدتاً مرکزی و پرجمعیت که شامل استان‌های اصفهان، خراسان رضوی، تهران، کرمان، فارس، آذربایجان شرقی است از سطح توسعهٔ بالاتری برخوردارند و مابقی استان‌های ایران سطح توسعهٔ اقتصادی متوسط و پایین‌تر دارند.

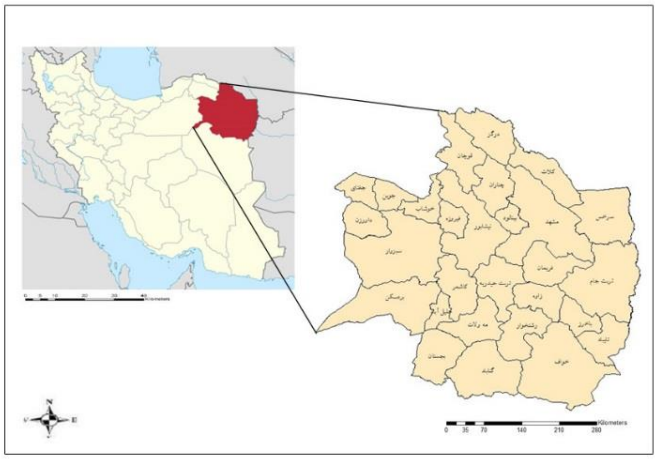
پریزادی و میرزاده (۱۳۹۷) با انتخاب ۳۳ شاخص در چهار بعد کلی اقتصادی، زیربنایی- کالبدی، اجتماعی- فرهنگی، و بهداشتی- درمانی با استفاده از روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای به بررسی توسعهٔ منطقه‌ای بین استان‌های ایران پرداختند و نتیجه گرفتند که استان تهران به‌تنهایی در طول چند دهه بالاترین سطح توسعه‌یافتگی و استان سیستان و بلوچستان پایین‌ترین سطح را بین استان‌های دیگر دارند. مقایسهٔ استان‌ها در طول دوره‌های مختلف نشان از نابرابری توسعهٔ مرکز نسبت به پیرامون دارد.

رهنما و آقاجانی (۱۳۹۱) با استفاده از مدل تحلیل عاملی به انتخاب شاخص‌های مؤثر در تحلیل نابرابری‌های فضایی در استان خراسان رضوی پرداختند و با محاسبهٔ شاخص‌ها برای شهرستان‌ها در دو عامل به‌دست‌آمده به یک منطقه‌بندی جدید در استان دست یافتند و شهرستان‌ها به پنج گروه طبقه‌بندی شدند که شهرستان مشهد در یک گروه خاص پیشرو و کلات در پایین‌ترین سطح دسته‌بندی شدند.

محدودهٔ مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال شرقی ایران با مرکزیت شهر مشهد و با مساحت ۱۱۶/۴۹۳ کیلومتر مربع چهارمین استان بزرگ کشور است. جمعیت استان بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس

و مسکن (۱۳۹۵) برابر ۶٬۴۳۴٬۵۰۱ نفر است که دومین استان ایران از نظر جمعیت محسوب می‌شود (مرکز آمار ایران ۱۳۹۵). قلمرو پژوهش در این مطالعه ۲۸ شهرستان استان خراسان رضوی است.

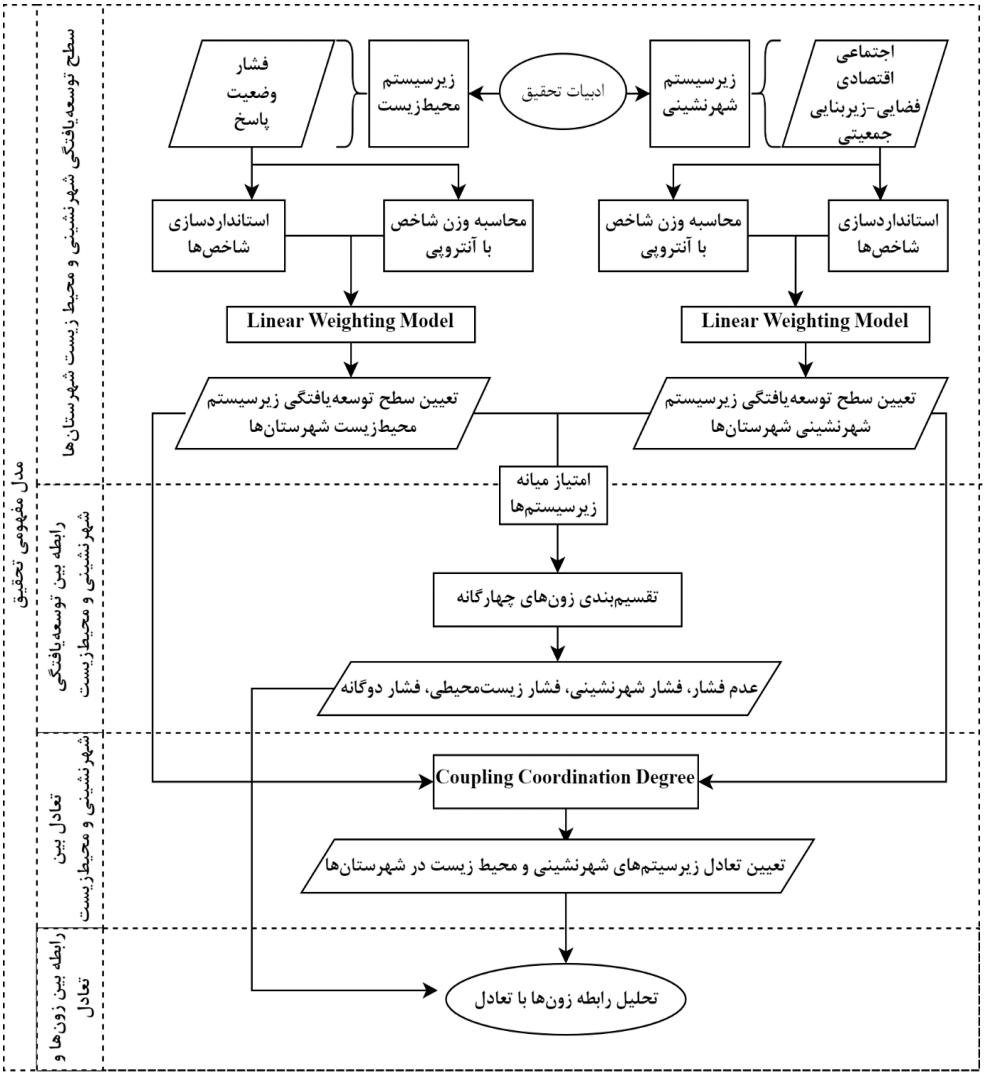


شکل ۱. محدودهٔ مورد مطالعه

روش و ابزار تحقیق

در این پژوهش از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه (CCD) برای بررسی ارتباط دوگانه بین سیستم شهرنشینی و محیط زیست استفاده شده است. دوگانگی، که از علم فیزیک نشئت گرفته، به پدیده‌ای اشاره دارد که در آن دو یا چند سیستم از طریق تعاملات گوناگون بر یک‌دیگر تأثیر می‌گذارند (Li et al. 2012). این مدل به طور گسترده در بسیاری از زمینه‌ها از قبیل اقتصادی، اجتماعی، زیست‌شناسی، کشاورزی، جغرافیا، بوم‌شناسی، و غیره استفاده شده است (Cai et al. 2021). درجهٔ هماهنگی دوگانه (D) هماهنگی بین عناصر داخلی سیستم یا سیستم‌ها را در فرایند توسعه اندازه می‌گیرد و روند سیستم را از عدم تعادل به تعادل نشان می‌دهد (W. Li et al. 2021; R. Xiao et al. 2021). روش تحقیق و فرایندهای اصلی اتخاذشده در این پژوهش بدین شرح است: ۱. انتخاب شاخص‌های مورد بررسی در سیستم شهرنشینی و محیط زیست بر اساس پیشینهٔ تحقیق؛ ۲. پیش‌پردازش داده‌ها؛ ۳. محاسبهٔ امتیاز سیستم شهرنشینی و محیط زیست بر اساس

شاخص‌های تحقیق؛ ٤. تقسیم‌بندی شهرستان‌ها بر اساس امتیاز زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست؛ ٥. محاسبهٔ امتیاز تعادل بین زیرسیستم‌ها با استفاده از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه؛ ٦. بررسی ارتباط بین تقسیم‌بندی شهرستان‌ها و امتیاز تعادل. در ادامه به ارائهٔ مدل مفهومی و گام‌های عملیاتی تحقیق پرداخته می‌شود.



شکل ۲. مدل مفهومی تحقیق (منبع: نگارندگان)

گام اول: انتخاب متغیرهای تحقیق

زیرسیستم شهرنشینی با توجه به پیشینهٔ تحقیق در چهار بعد اجتماعی، اقتصادی، فضایی، جمعیتی مطالعه شده است. برای بررسی زیرسیستم محیط زیست از مدل فشار- وضعیت- پاسخ (PSR) در شهرستان ها استفاده شد. این مدل چارچوبی مفهومی بر مبنای زنجیرهٔ علت و معلولی تحلیل داده‌هاست که اطلاعات محیط زیستی را از طریق شاخص‌های مختلف به هم مرتبط می‌کند، تقدم و تأخر آن‌ها را مشخص می‌کند، و پاسخ ها و راهکارهای مناسب قابل اجرا روی اجزای مختلف زنجیره را تبیین و ترسیم می‌کند (سرمدی و همکاران ۱۳۹٦). چارچوب روش فشار وضعیت پاسخ برای مقابله با مشکلات زیست‌محیطی در اصل به منزلهٔ مدل وضعیت پاسخ (SR) توسعه یافته و پس از آن با تصویب سازمان توسعهٔ اقتصادی و همکاری (OCED) به عنوان مدل فشار وضعیت پاسخ (PSR) پذیرفته شده است.

در این تحقیق معیارها و متغیرهای مختلفی به کار گرفته شده است. شاخص‌های منتخب بر اساس مطالعات انجام‌شده و میزان تکرار در استفادهٔ محققان و همچنین در دسترس بودن اطلاعات تعیین شده‌اند. گفتنی است، با مطالعهٔ پژوهش‌های مختلف، شاخص‌های متعددی برای استفاده در پژوهش بررسی شد که از این میان شاخص‌هایی انتخاب شد که داده‌ها و اطلاعات آن‌ها در سطح شهرستان‌ها در کشور ایران موجود بودند. بنابراین در این پژوهش انتخاب شاخص‌ها با توجه به در دسترس بودن داده‌ها و تکرار در مطالعات انجام‌شده صورت گرفت.

مجموع ۲۸ شاخص در زیرسیستم شهرنشینی در چهار بعد اجتماعی، اقتصادی، فضایی- زیربنایی، و جمعیتی و ۱۱ شاخص در زیرسیستم محیط زیست در سه بعد فشار و وضعیت و پاسخ در ۲۸ شهرستان بر اساس گزارش‌های اقتصادی- اجتماعی استان خراسان رضوی (۱۳۹۵) جمع‌آوری شد که در جدول ۱ ارائه شده است. در جدول ۱ نوع شاخص و وزن به‌دست‌آمده با استفاده از روش آنتروپی نیز نشان داده شده است. شاخص‌ها به دو نوع مثبت و منفی دسته‌بندی شده‌اند. شاخص‌های مثبت باعث توسعهٔ سیستم می‌شوند و برعکس.

جدول ۱. شاخص‌های مورد بررسی در سیستم شهرنشینی و محیط زیست (منبع: نگارندگان)

سیستم	بعد	شاخص	نوع شاخص	وزن آنتروپی
شهرنشینی	اجتماعی	تعداد کل دانش‌آموزان/۱۰۰۰۰	+	۰/۰۰۱
		سرانهٔ فضاهای آموزشی	+	۰/۰۱۰
		تعداد تخت بیمارستان/۱۰۰۰۰	+	۰/۰۹۷
		تعداد خانهٔ بهداشت و مراکز درمانی روستایی نسبت به تعداد روستاها	+	۰/۰۱۲
		تعداد پزشکان در هر ۱۰۰۰۰ نفر	+	۰/۰۲۱
		تعداد کتاب در کتابخانه‌های عمومی به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر	+	۰/۰۲۳
		سرانهٔ فضاهای ورزشی	+	۰/۰۴۸
		میزان پوشش بیمهٔ درمانی	+	۰/۰۲۵
		میزان پوشش گاز در روستاهای دارای سکنه	+	۰/۰۱۵
		میزان جمعیت روستایی بهره‌مند از آب آشامیدنی سالم	+	۰/۰۰۱
	اقتصادی	تعداد واحدهای صنعتی	+	۰/۱۴۷
		تعداد پروانه‌های بهره‌برداری صنعتی	+	۰/۱۶۰
		تعداد واحدهای معدنی	+	۰/۰۹۲
		سرانهٔ بودجهٔ هر شهروند در کل شهرستان	+	۰/۰۸۳
		سهم هزینه‌های عمرانی از کل بودجهٔ شهرداری‌های شهرستان	+	۰/۰۰۳
		میزان بی‌کاری (منفی)	-	۰/۰۱۱
		میزان مشارکت اقتصادی	+	۰/۰۰۰۳
		ضریب مکانیزاسیون محصولات کشاورزی (اسب بخار بر هکتار)	+	۰/۰۱۸
	زیربنایی	تعداد مصرف‌کنندگان گاز	+	۰/۰۰۶
		سرانهٔ مصرف برق شهری و روستایی	+	۰/۰۱۶
		نسبت مساحت جادهٔ شهری (متر مربع)	+	۰/۰۰۹
		ضریب نفوذ اینترنت روستایی	+	۰/۰۱۶
		ضریب نفوذ اینترنت شهری	+	۰/۰۱۰
		نسبت تعداد روستاهای دارای اجرای طرح‌های هادی	+	۰/۰۱۲
	جمعیتی	درصد جمعیت غیرکشاورزی (٪)	+	۰/۰۱۵
		تراکم جمعیت (نفر/ کیلومتر مربع)	+	۰/۱۱۸
		نسبت جمعیت شهری	+	۰/۰۱۷
		میزان رشد طبیعی جمعیت	+	۰/۰۱۴
محیط زیست	فشار	سرانهٔ مصرف آب شهری	-	۰/۰۱۱
		سرانهٔ میزان برداشت سالیانهٔ منابع آب‌های زیرزمینی	-	۰/۰۴۳
		میزان هدررفت آب تولیدی شهری (درصد)	-	۰/۰۰۶
		درصد زمین زیر کشت	-	۰/۰۳۰
		میزان دام مازاد بر ظرفیت مراتع (میلیون دام)	-	۰/۰۵۸

ادامهٔ جدول ۱. شاخص‌های مورد بررسی در سیستم شهرنشینی و محیط زیست (منبع: نگارندگان)

سیستم	بعد	شاخص	نوع شاخص	وزن آنتروپی
محیط زیست	زیست‌محیطی	میزان پوشش جنگل‌ها (٪)	+	۰/۲۶۶
		میزان پوشش عرصه‌های طبیعی	+	۰/۰۱۲
		درصد مساحت مناطق چهارگانهٔ تحت نظارت محیط زیست	+	۰/۲۴۷
		بهره‌وری آب (تولیدات کشاورزی/ حجم آب زیرزمینی مصرفی در بخش کشاورزی)	+	۰/۰۴۵
	اجتماعی	درصد توسعهٔ آبیاری نوین و تحت فشار (هکتار)	+	۰/۱۵۹
		میزان سرمایه‌گذاری در زمینهٔ حفاظت آبخیزها (میلیون ریال)	+	۰/۱۲۰

گام دوم: پیش‌پردازش داده‌ها

داده‌های مورد بررسی دارای اندازه، ابعاد، و جهت‌گیری مثبت و منفی هستند که باید استاندارد و قابل مقایسه شوند (X. Cui et al. 2019). همهٔ شاخص‌ها به دو دستهٔ مثبت و منفی تقسیم شده‌اند که در جدول ۱ مشخص شده است. برای شاخص‌های مثبت داده‌های بزرگ‌تر و برعکس برای شاخص‌های منفی داده‌های کوچک‌تر برای توسعهٔ سیستم مساعدتر هستند. فرایند استاندارد کردن داده‌ها با روش حداقل‌ـ حداکثر بوده که در رابطه‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\left(X_j\right)}{\max\left(X_j\right) - \min\left(X_j\right)} \quad for\ positive\ index \qquad (۱)$$

$$Y_{ij} = \frac{\max\left(X_j\right) - X_{ij}}{\max\left(X_j\right) - \min\left(X_j\right)} \quad for\ negative\ index \qquad (۲)$$

Y_{ij} برابر امتیاز استانداردشدهٔ شاخص j در سال i و $\min\left(X_j\right)$ و $\max\left(X_j\right)$ برابر کمترین و بیشترین امتیاز شاخص j در همهٔ سال‌ها هستند. X_{ij} دادهٔ خام است. همهٔ مقادیر بعد از پردازش در بازهٔ [0,1] قرار می‌گیرند.

گام سوم: محاسبهٔ امتیاز سیستم شهرنشینی و محیط زیست

محاسبهٔ امتیاز سطح شهرنشینی و محیط زیست بر اساس دو رویه صورت گرفته است:

۱. وزن‌دهی معیارها: روش وزن‌دهی آنتروپی برای محاسبهٔ وزن هر شاخص استفاده شده

است. روش آنتروپی یک روش وزن‌دهی بر اساس درجهٔ پراکندگی شاخص‌های ارزیابی است که به دلیل عینی بودن، جامعیت، و پیچیدگی کمتر در بسیاری از زمینه‌ها استفاده شده است. به طور کلی، هر چه مقدار آنتروپی بزرگ‌تر باشد ساختار سیستم متعادل‌تر و اختلاف ضریب کمتر و وزن شاخص کوچک‌تر است (Gan et al. 2020; Q. Li et al. 2021).

۲. استفاده از روش وزن‌دهی خطی برای محاسبهٔ امتیاز کل هر سیستم و ابعاد آن. مراحل محاسبه بدین شرح است:

محاسبهٔ نسبت شاخص j برای شهرستان i

$$S_{ij} = X_{ij} \Big/ \sum_{i=1}^{n} X_{ij} \qquad (۳)$$

محاسبهٔ مقدار آنتروپی شاخص j

$$e_j = -k \sum_{i=1}^{n} s_{ij} \ln s_{ij},\ k = 1 \Big/ \ln(n) \qquad (٤)$$

محاسبهٔ وزن هر شاخص

$$W_j = (1 - e_j) \Big/ \sum_{j=1}^{p} 1 - e_j \qquad (٥)$$

محاسبهٔ امتیاز هر سیستم

$$U_i = \sum_{j=1}^{p} W_j Y_{ij} \qquad (٦)$$

U_i برابر امتیاز جامع هر سیستم در شهرستان i، p برابر تعداد شاخص در هر سیستم، W_j وزن هر شاخص، Y_{ij} برابر مقدار استانداردشدهٔ شاخص j برای شهرستان i.

گام چهارم: تقسیم‌بندی شهرستان‌ها

در این قسمت رابطهٔ بین توسعه‌یافتگی زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست برای هر شهرستان مشخص می‌شود. برای این کار از روش تقسیم‌بندی و بر اساس پژوهش سان و همکارانش(۲۰۲۰)[1]، لیو و همکارانش(۲۰۲۲)[2] از مدل امتیاز میانه استفاده شده است. بدین منظور

1. Sun et al., 2020
2. Liu et al., 2022

امتیاز میانهٔ زیرسیستم شهرنشینی و محیط زیست در نظر گرفته شده است. شهرستان‌هایی که امتیاز سیستم شهرنشینی آن‌ها از میانهٔ امتیاز سیستم شهرنشینی بیشتر باشد، سیستم شهرنشینی آن‌ها مساعد در نظر گرفته شده و برعکس. همین روند برای سیستم محیط زیستی نیز اعمال شده است.

با استفاده از مقدار میانه، به عنوان خط تقسیم، چهار نوع دسته‌بندی برای شهرنشینی و محیط زیست به وجود می‌آید. شهرستان‌های با امتیازهای شهرنشینی و محیط زیست بالاتر از میانه فاقد فشار نام‌گذاری شده‌اند، شهرستان‌های با امتیاز شهرنشینی کمتر از میانه و امتیاز محیط زیست بالاتر از میانه دارای فشار شهرنشینی نام‌گذاری شده‌اند، شهرستان‌های با امتیاز محیط زیست کمتر از میانه و امتیاز شهرنشینی بالاتر از میانه دارای فشار محیط زیستی نام‌گذاری شده‌اند، و شهرستان‌های با امتیاز شهرنشینی و محیط زیست کمتر از میانه دارای فشار دوگانه در نظر گرفته شده‌اند.

گام پنجم: روش محاسبهٔ تعادل و هماهنگی زیرسیستم‌ها در هر شهرستان

برای به دست آوردن درجهٔ هماهنگی دوگانه (CCD) ابتدا درجهٔ هماهنگی (C) بین سیستم شهرنشینی و محیط زیست با استفاده از رابطهٔ ۷ محاسبه و در مرحلهٔ بعد امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه با استفاده از رابطه‌های ۸ و ۹ محاسبه می‌شود.

$$C = \sqrt{(U_1 \times U_2) \Big/ \left(\frac{U_1 + U_2}{2}\right)^2} \qquad (۷)$$

C درجهٔ هماهنگی بین شهرنشینی و محیط زیست و U_1 و U_2 به ترتیب امتیاز زیرسیستم شهرنشینی و امتیاز زیرسیستم محیط زیست هستند. C درجهٔ هماهنگی بین زیرسیستم‌ها را بیان می‌کند. اما اینکه آیا زیرسیستم‌ها دارای کارایی هستند را نشان نمی‌دهد (Tomal 2021). مثلاً، دو زیرسیستم سطح پایین و دو زیرسیستم سطح بالا ممکن است هر دو C یکسانی داشته باشند و درجهٔ هماهنگی بین دو زیرسیستم بالا باشد (Fan et al. 2020). به عبارت دیگر هر چه امتیاز هر دو زیرسیستم به یک‌دیگر نزدیک‌تر باشد و نسبت امتیاز دو زیرسیستم به مقدار ۱ نزدیک‌تر باشد درجهٔ هماهنگی دو زیرسیستم بالاتر است. اما هماهنگی بالا به معنای تعادل و کارایی زیرسیستم‌ها نیست. در سیستمی که هر دو زیرسیستم آن امتیاز پایین یکسانی دارند، درجهٔ هماهنگی بالاست؛ اما درجهٔ تعادل و کارایی پایین است. بنابراین مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه پیشنهاد شده است. در

مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه، علاوه بر درجهٔ همانگی بین زیرسیستم‌ها، درجهٔ کارآمدی زیرسیستم‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، تنها یکسان بودن امتیاز زیرسیستم‌ها در این مدل مدّ نظر نبوده، بلکه کارآمدی زیرسیستم‌ها نیز مهم بوده است. امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه بر اساس رابطه‌های ۸ و ۹ به دست می‌آید:

$$T = aU_1 + bU_2 \quad (۸)$$

$$D = \sqrt{T \times C} \quad (۹)$$

T برابر شاخص ارزیابی جامع بین شهرنشینی و محیط زیست و D برابر امتیاز هماهنگی دوگانه بین شهرنشینی و محیط زیست است. هر دو زیرسیستم بر اساس پژوهش‌های پیشین وانگ و همکاران(۲۰۲۲)[1]، فنگ و همکاران(۲۰۲۱)[2]، سای و همکاران(۲۰۲۱)[3] به یک اندازه مهم در نظر گرفته شده‌اند؛ بنابراین a=b=0.5. بر اساس پژوهش ژانگ و لی(۲۰۲۰)[4] درجهٔ هماهنگی دوگانه به ده دسته از عدم تعادل بسیار شدید (۰-۰,۱) تا تعادل کامل (۰,۹-۱) تقسیم شده که در جدول ۲ نشان داده شده است. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار GIS10.8 نتایج مکانی شدند و نقشه‌های هر بخش به دست آمد.

جدول ۲. دسته‌بندی درجهٔ هماهنگی دوگانه (منبع: Zhang & Li 2020)

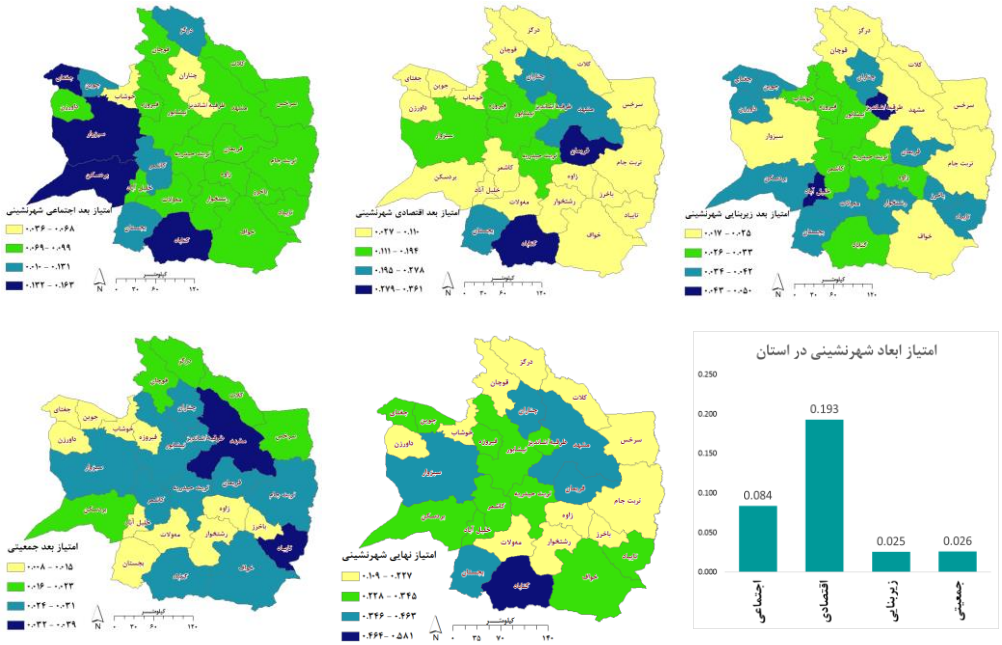
تعادل		عدم تعادل	
نزدیک به تعادل	$0.5 \leq D < 0.6$	عدم تعادل بسیار شدید	$0 < D < 0.1$
تعادل اولیه	$0.6 \leq D < 0.7$	عدم تعادل شدید	$0.1 \leq D < 0.2$
تعادل متوسط	$0.7 \leq D < 0.8$	عدم تعادل متوسط	$0.2 \leq D < 0.3$
تعادل خوب	$0.8 \leq D < 0.9$	عدم تعادل خفیف	$0.3 \leq D < 0.4$
تعادل کامل	$0.9 \leq D < 1$	عدم تعادل کم	$0.4 \leq D < 0.5$

1. Wang et al. 2022
2. Fang et al. 2021
3. Cai et al. 2021
4. Zhang & Li, 2020

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

بررسی زیرسیستم شهرنشینی در شهرستان‌ها

امتیاز نهایی زیرسیستم شهرنشینی با محاسبهٔ ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فضایی- زیربنایی، جمعیتی برای هر شهرستان و کل استان به دست آمد. بعد اقتصادی بیشترین امتیاز را در کل استان به دست آورده است که دلیل اصلی آن وزن بیشتری بوده که شاخص‌های اقتصادی در روش آنتروپی به دست آوردند. در بعد اجتماعی به غیر از شهرستان‌های مرز جنوب غربی، که وضعیت مناسب‌تری دارند، اکثر شهرستان‌های استان در چارک دوم امتیاز قرار گرفته‌اند. در بعد اقتصادی، پهنهٔ مرکزی که شامل شهرستان مشهد نیز می‌شود نسبت به سایر شهرستان‌ها امتیاز بیشتری به دست آورده است که دلیل آن تمرکز فرصت‌های اقتصادی در مشهد بوده است. در بعد زیربنایی نیز شهرستان‌های شمال شرقی استان پایین‌ترین امتیاز را به دست آورده‌اند. به طور کلی شهرستان‌های مرز شرقی و شهرستان‌های شمال استان شامل قوچان، درگز، کلات و شهرستان‌های باخرز، زاوه، رشتخوار، مه‌ولات، خلیل‌آباد نسبت به سایر شهرستان‌ها امتیاز کمتری در بعد شهرنشینی به دست آورده اند. شهرستان خوشاب با اختلاف زیادی کمترین سطح شهرنشینی را به دست آورده است. شهرستان خوشاب در هر سه بعد اجتماعی، اقتصادی، جمعیتی پایین ترین رتبه را به دست آورده است. داورزن بعد از خوشاب ضعیف‌ترین عملکرد را در زیرسیستم شهرنشینی داشته است. به دلیل اینکه شاخص‌ها به صورت سرانه ارزیابی شده‌اند شهرستان مشهد در رتبهٔ چهارم بین شهرستان ها قرار گرفته است و با وجود آنکه در بعد جمعیتی و اقتصادی امتیازات بالایی به دست آورده است در بعد اجتماعی و زیربنایی ضعیف بوده است. در نهایت شهرستان گناباد بیشترین امتیاز را در زیرسیستم شهرنشینی به دست آورده و در ابعاد اقتصادی و اجتماعی رتبهٔ اول را در استان دارد. شکل ۳ امتیاز زیرسیستم شهرنشینی و ابعاد چهارگانهٔ آن در شهرستان‌ها را نشان می‌دهد.

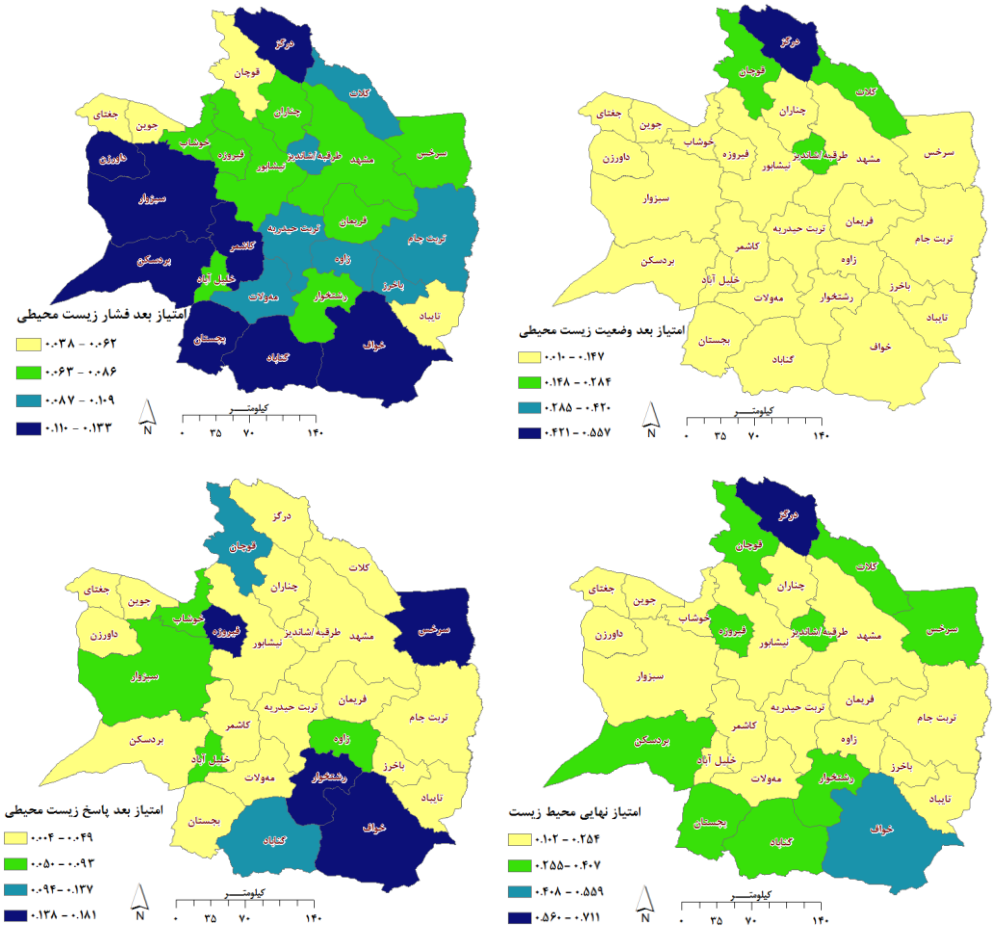


شکل ۳. امتیاز زیرسیستم شهرنشینی و ابعاد آن (منبع: نگارندگان)

بررسی زیرسیستم محیط زیست در شهرستان‌ها

امتیاز نهایی زیرسیستم محیط زیست با محاسبهٔ ابعاد فشار، وضعیت، و پاسخ برای هر شهرستان و کل استان به دست آمد. شهرستان درگز در زیرسیستم محیط زیست با اختلاف زیاد نسبت به سایر شهرستان‌ها رتبهٔ اول را به دست آورد که دلیل اصلی آن همان‌طور که در نقشه‌های زیر نشان داده شده است وضعیت زیست‌محیطی و پوشش جنگلی زیاد شهرستان درگز است. شهرستان خواف در این زیرسیستم رتبهٔ دوم را به دست آورده است که دلیل آن امتیاز بالای خواف در فشار زیست‌محیطی بوده است. یکی از شاخص‌هایی که باعث شده فشار زیست‌محیطی در خواف کم باشد میزان کم سطح زیر کشت در این شهرستان است. سطح زیر کشت یک شاخص با بعد منفی در نظر گرفته شده است. بنابراین شهرستان خواف که کمترین سطح زیر کشت را دارد فشار زیست‌محیطی کمتری نیز دارد. شهرستان‌های گناباد، بردسکن، فیروزه، بجستان، طرقبه/ شاندیز، سبزوار نیز نسبت به شهرستان‌های دیگر وضعیت بهتری داشته‌اند. همان‌طور که در نقشه دیده می‌شود شهرستان‌های مرکزی نسبت به شهرستان‌های مرزی در بعد زیست‌محیطی وضعیت

نامطلوب‌تری دارند. شهرستان مشهد در این زیرسیستم رتبهٔ چهاردهم را به دست آورده که تقریباً در وضعیت متوسط قرار گرفته است. شهرستان‌های جغتای، تایباد، و مه‌ولات به ترتیب بدترین وضعیت را در زیرسیستم محیط زیست داشه‌اند.

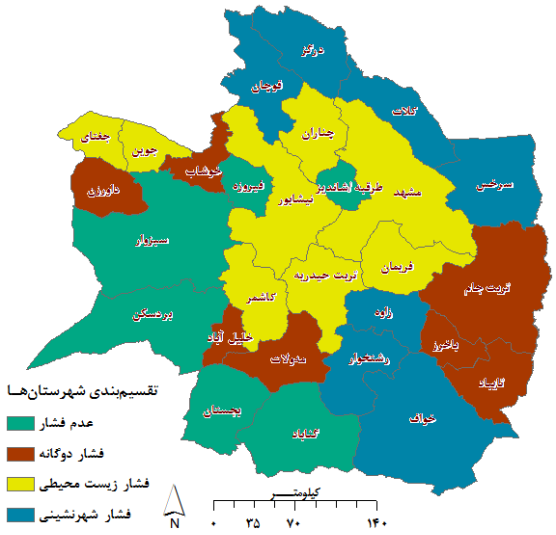


شکل ٤. امتیاز زیرسیستم محیط زیست و ابعاد آن (منبع: نگارندگان)

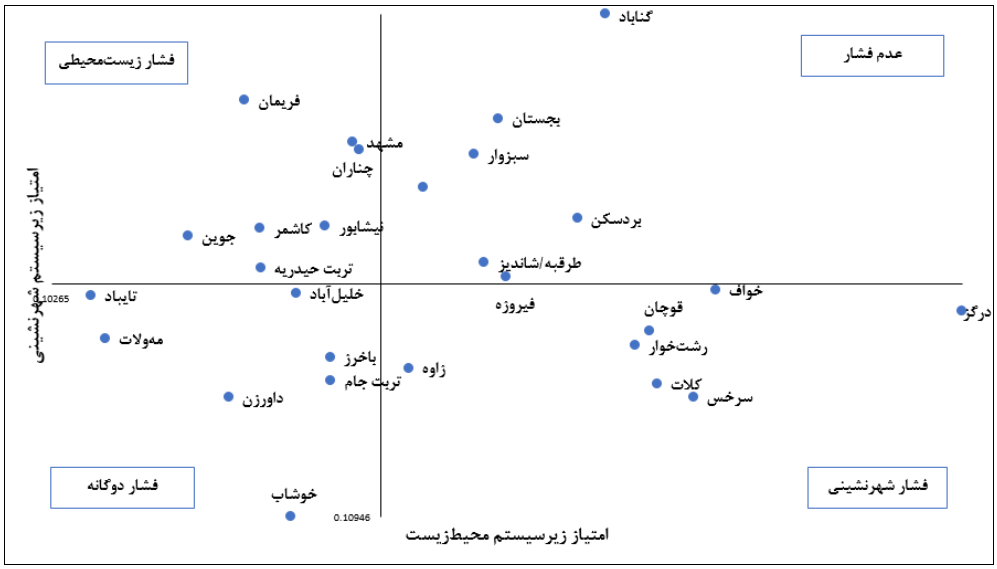
رابطهٔ بین توسعه‌یافتگی زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست در شهرستان‌ها

بر اساس مدل امتیاز میانه، که در بخش روش توضیح داده شد، تقسیم‌بندی شهرستان‌ها در مناطق چهارگانه صورت گرفت. با بررسی مساحت و جمعیت مناطق مختلف مشخص می‌شود، درحالی‌که

مساحت مناطق تقریباً برابر است، منطقهٔ فشار زیست‌محیطی (عقب‌ماندهٔ زیست‌محیطی)، کـه شـامل شهرستان‌های پهنهٔ مرکزی استان می‌شود، ۷۱ درصد جمعیت استان را تحت پوشش قرار داده اسـت. جمعیت سایر مناطق تقریباً برابر بوده است. شکل ۵ قرارگیری شهرسـتان‌هـا در منـاطق چهارگانـه را نشان می‌دهد. شهرستان خوشاب در منطقهٔ فشار دوگانه پایین‌ترین وضـعیت شهرنشـینی را دارد و در همین منطقه شهرستان تایباد پایین‌ترین وضعیت زیست‌محیطـی را دارد. در منطقـهٔ فشـار شهرنشـینی (عقب‌ماندهٔ شهرنشینی) شهرستان درگز بهترین وضعیت را در زیرسیسـتم زیسـت‌محیطـی بـه دسـت آورده است. در منطقهٔ فشار زیست‌محیطی که اکثر شهرستان‌های پرجمعیـت اسـتان از قبیـل مشـهد، نیشابور، تربت‌حیدریه در آن قرار گرفته‌اند شهرستان جوین کمترین امتیاز را در سیستم محیط زیسـت دارد. در نهایت، در منطقهٔ عدم فشار، گناباد بیشترین امتیـاز شهرنشـینی را دارد. بـه طـور کلـی اکثـر شهرستان‌های پرجمعیت استان از قبیل مشهد، نیشابور، تربت‌حیدریه، چناران، فریمان، کاشـمر کـه در پهنهٔ مرکزی استان و نزدیک به شهرستان مشهد هستند در منطقهٔ فشار زیست‌محیطی قرار گرفتـه‌انـد. شهرستان‌های مرز شمالی شامل قوچان، درگز، کلات، و سرخس در توسعهٔ شهرنشینی عقـب‌مانـده و دارای فشار شهرنشینی هستند. شهرستان‌های غربی استان شامل سبزوار، بردسکن، بجسـتان، و گنابـاد بهترین وضعیت را دارند و در منطقهٔ عدم فشار قرار گرفته‌اند.



شکل ۵. تقسیم‌بندی شهرستان‌ها در زون‌های چهارگانه (منبع: نگارندگان)



شکل ۶. قرارگیری شهرستان‌ها در زون‌های چهارگانه بر اساس امتیاز محیط زیست و شهرنشینی آن‌ها (منبع: نگارندگان)

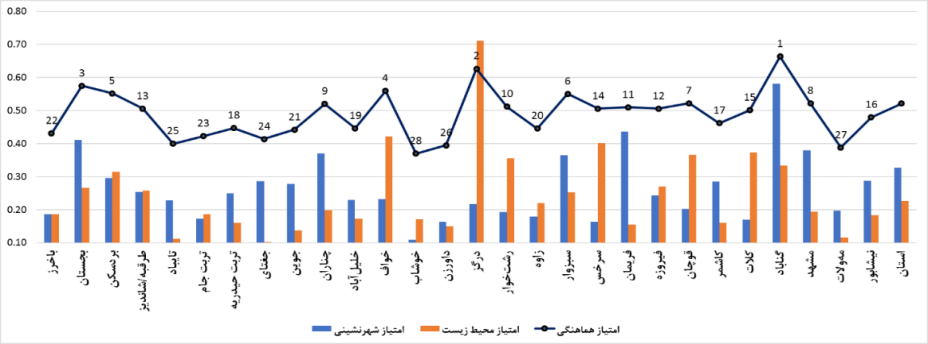
بررسی درجهٔ هماهنگی دوگانه بین شهرنشینی و محیط زیست در شهرستان‌ها

مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه، علاوه بر بررسی سطح تعامل بین زیرسیستم‌ها، میزان کارآمدی زیرسیستم را نیز در نظر می‌گیرد. بنابراین شهرستانی که هر دو امتیاز زیرسیستم شهرنشینی و محیط زیست آن نزدیک به هم باشند، اما امتیاز پایینی کسب کرده باشند، درجهٔ تعامل بالایی دارد. اما درجهٔ هماهنگی و تعادل آن بالا نخواهد بود.

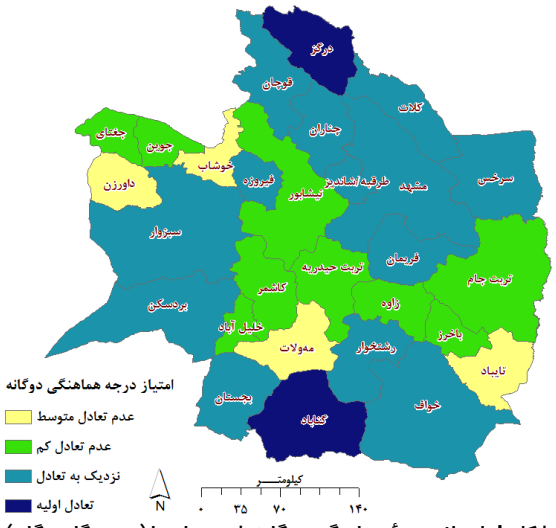
امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه بین زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست برای هر شهرستان محاسبه شده و رتبه‌بندی شهرستان‌ها در امتیاز تعادل به دست آمده است. درجهٔ هماهنگی دوگانه بر اساس جدول ۲ دسته‌بندی شده است که امتیاز ۱ بیانگر تعادل بسیار بالای سیستم و صفر عدم تعادل بسیار شدید است. به طور کلی در شهرستان‌های مورد بررسی بازهٔ امتیاز بین ۰,۳۷۰ (خوشاب) تا ۰,٦٦٤ (گناباد) به دست آمده است. شهرستان‌های گناباد و درگز به ترتیب بالاترین امتیاز تعادل را به دست آورده‌اند و در دستهٔ تعادل اولیه قرار گرفته‌اند. شهرستان‌های خوشاب، مه‌ولات، داورزن به ترتیب بدترین وضعیت تعادل را داشته‌اند و در دستهٔ عدم تعادل متوسط جای گرفته‌اند. اکثر شهرستان‌ها (٤٧٪) در دستهٔ نزدیک به تعادل قرار گرفته‌اند. ۳۲ درصد شهرستان‌ها

نیز در گروه عدم تعادل کم قرار گرفته‌اند. به طور کلی شهرستان‌های مرکزی نسبت به شهرستان‌های شمالی و جنوبی تعادل کمتری داشته‌اند.

همان‌طور که در شکل ۷ نیز مشخص است در شهرستان‌های گناباد و درگز زیرسیستم‌های محیط زیست با شهرنشینی اختلاف زیادی دارد. ولی به علت کارایی بالای هر دو سیستم رتبه‌های بالایی در امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه به دست آورده‌اند. مثلاً شهرستان باخرز که امتیاز یکسانی در هر دو زیرسیستم کسب کرده است و تعامل بالایی دارد رتبهٔ ۲۲ را در امتیاز هماهنگی دارد و این به علت کارایی پایین هر دو زیرسیستم است. شهرستان مشهد در رتبهٔ هشتم در استان قرار گرفته است.



شکل ۷. امتیاز زیرسیستم‌های محیط زیست، شهرنشینی، و درجهٔ هماهنگی دوگانه بین آن‌ها (منبع: نگارندگان)



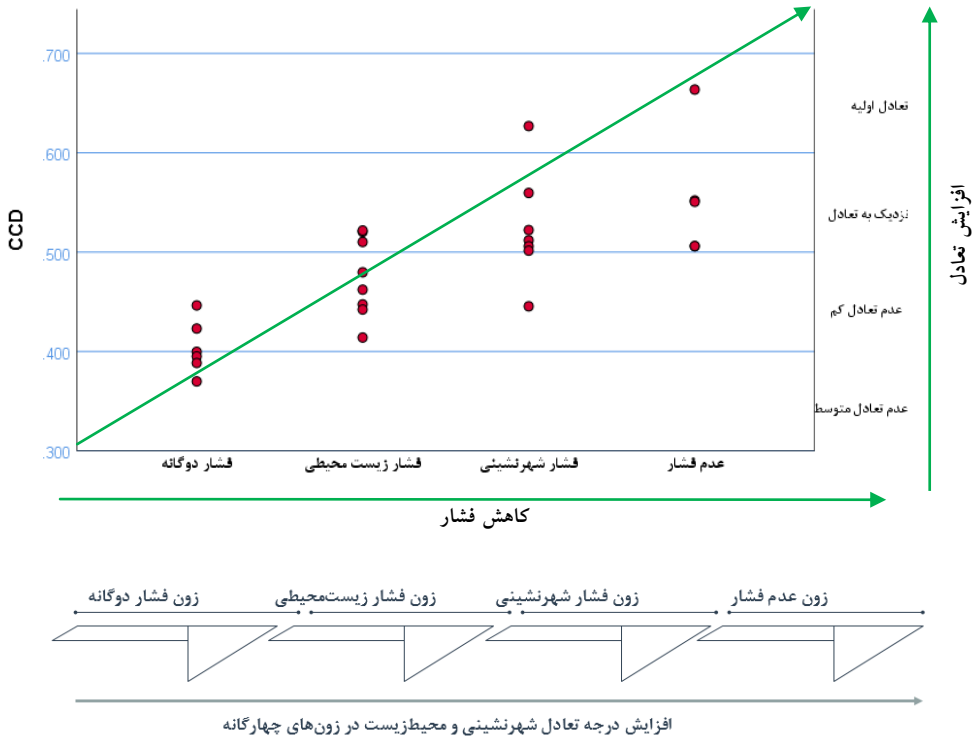
شکل ۸. امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه شهرستان‌ها (منبع: نگارندگان)

رابطهٔ بین امتیاز هماهنگی دوگانه با تقسیم‌بندی مناطق

در این قسمت رابطهٔ بین امتیاز درجهٔ هماهنگی دوگانه با تقسیم‌بندی شهرستان‌ها در مناطق چهارگانه بررسی و مشخص می‌شود مناطق مختلف فشار دوگانه، عدم فشار، فشار شهرنشینی، و فشار زیست‌محیطی چه امتیاز تعادلی داشته‌اند. به عبارت دیگر آیا شهرستان‌های قرارگرفته در منطقهٔ عدم فشار، که امتیاز هر دو زیرسیستم آن به نسبت بالا بوده است، به نسبت شهرستان‌های قرارگرفته در منطقهٔ فشار دوگانه، که امتیاز هر دو زیرسیستم آن به نسبت پایین بوده است، تعادل بالاتری داشته‌اند؟

با مقایسهٔ امتیازات تعادل شهرستان‌های مختلف در مناطق چهارگانه مشخص شد اکثر شهرستان‌های قرارگرفته در مناطق فشار دوگانه و فشار زیست‌محیطی در دستهٔ عدم تعادل کم جای گرفته‌اند؛ درحالی‌که اکثر شهرستان‌های قرارگرفته در مناطق عدم فشار و دارای فشار شهرنشینی (عقب‌ماندهٔ شهرنشینی) در دستهٔ نزدیک به تعادل یا امتیاز CCD بین ۰٫۵ تا ۰٫٦ جای گرفته‌اند. به طور کلی امتیاز CCD به ترتیب از منطقهٔ فشار دوگانه به منطقهٔ دارای فشار زیست‌محیطی و پس از آن به منطقهٔ دارای فشار شهرنشینی و به منطقهٔ عدم فشار در حال افزایش بوده است. هر دو امتیاز شهرنشینی و محیط زیست در منطقهٔ فشار دوگانه پایین بوده است و این دو زیرسیستم باعث محدودیت یک‌دیگر شده‌اند. این بدین معناست که توسعه در این منطقه کندتر از سایر مناطق است. شهرستان‌های قرارگرفته در منطقهٔ با فشار شهرنشینی (عقب‌ماندهٔ شهرنشینی) که شاخص شهرنشینی پایین و شاخص زیست‌محیطی بالا دارند در استان خراسان رضوی اکثراً هماهنگ‌تر از منطقهٔ دارای فشار زیست‌محیطی بوده‌اند. این نشان می‌دهد که در فرایند توسعهٔ هماهنگ شهرنشینی و اکولوژیکی شهرستان‌هایی که زیرسیستم محیط زیست آن‌ها قوی‌تر بوده است نسبت به شهرستان‌هایی که زیرسیستم شهرنشینی آن‌ها قوی بوده اما محیط زیست ضعیف داشته‌اند تمایل به هماهنگی بیشتری دارند. این مسئله نشان می‌دهد که برای توسعهٔ هماهنگ کل سیستم توسعهٔ اقتصادی و شهرنشینی بدون توجه به محیط زیست باعث کاهش تعادل کل سیستم می‌شود و برای افزایش تعادل کل سیستم ابتدا باید به توسعهٔ زیست‌محیطی توجه کرد. امتیاز شهرنشینی و اکولوژی منطقهٔ عدم فشار هر دو بالا بوده است و امتیاز CCD این منطقه به طور

میانگین بالاتر از سایر مناطق بوده است و زیرسیستم شهرنشینی و محیط زیست در این منطقه همدیگر را حمایت می‌کنند. توسعهٔ اقتصادی این واحدها سریع است و شرایط خوب اقتصادی حمایت مالی بیشتری را برای حفاظت از محیط زیست فراهم می‌کند و در نتیجه اکولوژی و اقتصاد را هماهنگ‌تر می‌کند. شکل ۹ امتیاز تعادل شهرستان‌ها در مناطق چهارگانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، به طور نسبی امتیاز تعادل در استان خراسان رضوی بر اساس مدل استفاده‌شده از منطقهٔ فشار دوگانه به فشار زیست‌محیطی به فشار شهرنشینی (عقب‌ماندهٔ شهرنشینی) و در نهایت به منطقه به عدم فشار در حال افزایش بوده است. به طور کلی، با کاهش فشار زیرسیستم‌ها، تعادل سیستم افزایش پیدا کرده است.



شکل ۹. رابطهٔ بین زون‌های چهارگانه با امتیاز هماهنگی (منبع: نگارندگان)

بحث و نتیجه

هماهنگی بین شهرنشینی و محیط زیست مسئله‌ای مهم برای پایداری است. درک درست رابطهٔ بین شهرنشینی و محیط زیست برای توسعهٔ هماهنگ هر دو سیستم ضروری است. تعاملات بین سیستم‌ها و بررسی درجهٔ هماهنگی و وجود تعادل و تعارض بین سیستم‌ها موضوع جدیدی است که مطالعه در رابطه با این موضوع در زمینهٔ جغرافیا و محیط طبیعی در ایران کمتر صورت گرفته است. اکثر پژوهش‌های داخلی تنها به موضوع سطح توسعه‌یافتگی زیرسیستم‌ها و تحلیل نابرابری‌های توسعه‌یافتگی شهرستان‌ها و استان‌های کشور پرداخته‌اند. در این پژوهش از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه برای بررسی تعادل بین زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست در شهرستان‌های استان خراسان رضوی استفاده شد. زیرسیستم شهرنشینی بر اساس پیشینهٔ تحقیق در چهار بعد اجتماعی، اقتصادی، فضایی- زیربنایی، جمعیتی و با استفاده از بیست و هشت شاخص و زیرسیستم محیط زیست بر اساس مدل فشار- وضعیت- پاسخ و با استفاده از یازده شاخص مورد بررسی قرار گرفتند. امتیاز هر زیرسیستم با استفاده از روش وزن‌دهی خطی محاسبه شد. در ادامه، برای روشن‌تر شدن رابطهٔ بین توسعه‌یافتگی زیرسیستم‌ها، شهرستان‌ها بر اساس روش امتیاز میانه به چهار منطقهٔ فشار دوگانه، فشار شهرنشینی، فشار زیست‌محیطی، فشار دوگانه تقسیم شدند و امتیاز تعادل زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست شهرستان‌ها با مناطق چهارگانه مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج نشان می‌دهد شهرستان‌های مرز شرقی و شهرستان‌های شمال استان نسبت به سایر شهرستان‌ها امتیاز کمتری در زیرسیستم شهرنشینی به دست آورده‌اند. شهرستان‌های خوشاب و گناباد به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز را در زیرسیستم شهرنشینی به دست آورده‌اند. گفتنی است با وجود اینکه شهرستان مشهد در بسیاری از شاخص‌ها فاصلهٔ بسیار زیادی با سایر شهرستان‌ها دارد، به دلیل اینکه شاخص‌ها به صورت سرانه در نظر گرفته شده‌اند، رتبهٔ چهارم را در شهرنشینی به دست آورده است. در زیرسیستم محیط زیست شهرستان درگز به دلیل پوشش جنگلی زیاد و امتیاز بالا در بعد وضعیت زیست‌محیطی و شهرستان خواف به دلیل سطح زیر کشت پایین و امتیاز بالا در بعد فشار زیست‌محیطی به ترتیب بیشترین امتیاز را به دست آورده‌اند. در کل شهرستان‌های مرکزی نسبت به شهرستان‌های مرزی در زیرسیستم محیط زیست وضعیت

نامطلوب‌تر و در زیرسیستم شهرنشینی وضعیت مطلوب‌تری داشتند. با استفاده از امتیاز میانه زیرسیستم‌ها، رابطهٔ بین زیرسیستم‌ها مشخص شد و شهرستان‌ها در مناطق چهارگانه تقسیم‌بندی شدند. با وجود اینکه مساحت و تعداد شهرستان‌های قرارگرفته در هر منطقه تقریباً برابر بوده است، جمعیت منطقهٔ فشار زیست‌محیطی (عقب‌ماندهٔ زیست‌محیطی)، که شامل شهرستان‌های پهنهٔ مرکزی استان می‌شود، ۷۱ درصد جمعیت استان را پوشش داده است. با استفاده از مدل درجهٔ هماهنگی دوگانه، امتیاز تعادل زیرسیستم‌های شهرستان‌ها به دست آمد که در کل استان در بازهٔ بین ۰,۳۷ (خوشاب) تا ۰,٦٦ (گناباد) قرار گرفته است. شهرستان‌های گناباد و درگز به ترتیب بالاترین امتیاز تعادل را به دست آورده‌اند و در دستهٔ تعادل اولیه قرار گرفته‌اند. شهرستان‌های خوشاب، مه‌ولات، داورزن به ترتیب بدترین وضعیت تعادل را داشته‌اند و در دستهٔ عدم تعادل متوسط جای گرفته‌اند. با مقایسهٔ مناطق چهارگانه با امتیاز تعادل مشخص شد درحالی‌که اکثر شهرستان‌های قرارگرفته در زون‌های فشار دوگانه و فشار زیست‌محیطی در دستهٔ عدم تعادل کم جای گرفته‌اند، شهرستان‌های قرارگرفته در زون‌های عدم فشار و دارای فشار شهرنشینی در دستهٔ نزدیک به تعادل یا امتیاز CCD بین ۰,۵ تا ۰,٦ جای گرفته‌اند. به طور کلی امتیاز CCD از زون فشار دوگانه به زون دارای فشار زیست محیطی به زون دارای فشار شهرنشینی به زون عدم فشار در حال افزایش بوده است.

در مجموع تعادل بین زیرسیستم‌های شهرنشینی و محیط زیست در شهرستان‌های استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از بازهٔ عدم تعادل تا تعادل اولیه در شهرستان‌های مختلف استان است. این مسئله ناپایداری سیستم‌ها و عدم توجه به ملاحظات زیست‌محیطی را بیان می‌کند. با این حال این پژوهش تنها مربوط به یک سال بوده است و پیشنهاد می‌شود برای بررسی بهتر عملکرد زیرسیستم‌ها تعادل زیرسیستم‌ها طی دورهٔ زمانی چندساله با شاخص‌های کامل‌تر و دقیق‌تر مورد بررسی قرار بگیرند تا مشخص شود تعادل بین زیرسیستم‌ها رو به بهبود بوده است یا وضعیت تعادل طی چند سال بدتر شده است.

منابع

پریزادی، ط.؛ ح. میرزازاده (۱۳۹۷). «توسعهٔ منطقه‌ای در ایران با رویکرد عدالت توزیعی»، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)*، ۱۸(۵۰)، ص ۱۷۹ ـ ۱۹۸.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=358151

جعفری، ف.؛ س. کرمی؛ ا. حاتمی؛ ه. اسدزاده (۱۳۹۹). «تحلیل فضایی توسعهٔ منطقه‌ای کشور بر مبنای شاخص‌های اجتماعی»، *آمایش سرزمین*، ص ۱۲(۱)، ص ۱ ـ ۲۸.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=526881

رهنما، محمدرحیم؛ حسین آقاجانی (۱۳۹۱). «تحلیل نابرابری‌های فضایی در استان خراسان رضوی»، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۱۶(۱)، ص ۶۳ ـ ۸۷.

http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-6374-fa.html

سرمدی، ه.؛ ا. صالحی؛ ل. زبردست؛ م. آقابابایی (۱۳۹۷). «ارزیابی کمیت مؤلفهٔ آب کلان‌شهر تهران بر اساس مدل DPSIR»، *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، ۲۲(۲)، ص ۳۰۱ ـ ۳۱۵.

https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=534705

References

Jafari, F., Karami, S., Hatami, A., & Asadzadeh, H. (2020). “Spatial Analysis of Regional Development of the Country based on Social Indicators”. *Town and Country Planning*, 12(1), 1-28. (in Persian) doi: 10.22059/jtcp.2020.287361.670015

Mirzazadeh, H. & Parizadi, T. (2018). “Analysis of Factors Affecting Regional Development in Iran”, *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, pp 179-198. (in Persian) http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2743-fa.html

Rahnama, M.R. & Aghajani, H. (1391). “Analysis of spatial inequalities in Khorasan Razavi province”, *Planning and arranging space*, 16(1), pp. 63-87. (in Persian) http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-6374-fa.html

Sarmadi, H., Salehi, A., Zbardast, L., & Aghababaei, M. (2018). “Quantitative evaluation of water component of Tehran metropolis based on DPSIR model”, *Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources)*, 22(2), pp. 301-315. (in Persian) https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=534705

Cai, J., Li, X., Liu, L., Chen, Y., Wang, X., & Lu, S. (2021). "Coupling and coordinated development of new urbanization and agro-ecological environment in China", *Sci Total Environ*, 776, 145837. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145837

Cui, D., Chen, X., Xue, Y., Li, R., & Zeng, W. (2019). "An integrated approach to investigate the relationship of coupling coordination between social economy and water environment on urban scale - A case study of Kunming", *J Environ Manage*, 234, pp. 189-199. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.091

Cui, X., Fang, C., Liu, H., & Liu, X. (2019). "Assessing sustainability of urbanization by a coordinated development index for an Urbanization-Resources-Environment complex

system: A case study of Jing-Jin-Ji region, China", *Ecological Indicators*, 96, pp. 383-391. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.009

Fan, W., Wang, H., Liu, Y., & Liu, H. (2020). "Spatio-temporal variation of the coupling relationship between urbanization and air quality: A case study of Shandong Province", *Journal of Cleaner Production*, 272. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122812

Fang, X., Shi, X., Phillips, T. K., Du, P., & Gao, W. (2021). "The Coupling Coordinated Development of Urban Environment Towards Sustainable Urbanization: An Empirical Study of Shandong Peninsula, China", *Ecological Indicators*, 129. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107864

Franco, S., Mandla, V. R., & Ram Mohan Rao, K. (2017). "Urbanization, energy consumption and emissions in the Indian context A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, pp. 898-907. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.117

Fu, S., Zhuo, H., Song, H., Wang, J., & Ren, L. (2020). "Examination of a coupling coordination relationship between urbanization and the eco-environment: a case study in Qingdao, China", *Environ Sci Pollut Res Int*, 27(19), pp. 23981-23993. https://doi.org/10.1007/s11356-020-08683-7

Gan, L., Shi, H., Hu, Y., Lev, B., & Lan, H. (2020). "Coupling coordination degree for urbanization city-industry integration level: Sichuan case", *Sustainable Cities and Society*, 58. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102136

Li, B., Chen, D., Wu, S., Zhou, S., Wang, T., & Chen, H. (2016). "Spatio-temporal assessment of urbanization impacts on ecosystem services: Case study of Nanjing City, China", *Ecological Indicators*, 71, pp. 416-427. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.017

Li, Q., Zhao, Y., Li, S., & Zhang, L. (2021). "Spatial-temporal characteristics of the coupling coordination of social security and economic development in China during 2002–2018", *Regional Sustainability*, 2(2), pp. 116-129. https://doi.org/10.1016/j.regsus.2021.04.001

Li, W., Wang, Y., Xie, S., & Cheng, X. (2021). "Coupling coordination analysis and spatiotemporal heterogeneity between urbanization and ecosystem health in Chongqing municipality, China", *Sci Total Environ*, 791, 148311. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148311

Li, Y., Li, Y., Zhou, Y., Shi, Y., & Zhu, X. (2012). "Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment", *J Environ Manage*, 98, pp. 127-133. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.025

Liu, J., Tian, Y., Huang, K., & Yi, T. (2021). "Spatial-temporal differentiation of the coupling coordinated development of regional energy-economy-ecology system: A case study of the Yangtze River Economic Belt", *Ecological Indicators*, 124. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107394

Liu, Y., Yang, R., Sun, M., Zhang, L., Li, X., Meng, L., Wang, Y., & Liu, Q. (2022). "Regional sustainable development strategy based on the coordination between ecology and economy: A case study of Sichuan Province, China", *Ecological Indicators*, 134. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108445

Sun, M., Li, X., Yang, R., Zhang, Y., Zhang, L., Song, Z., Liu, Q., & Zhao, D. (2020). "Comprehensive partitions and different strategies based on ecological security and

economic development in Guizhou Province, China", *Journal of Cleaner Production*, 274. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122794

Tian, Y., Zhou, D., & Jiang, G. (2020). "Conflict or Coordination? Multiscale assessment of the spatio-temporal coupling relationship between urbanization and ecosystem services: The case of the Jingjinji Region, China", *Ecological Indicators*, 117. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106543

Tomal, M. (2021). "Evaluation of coupling coordination degree and convergence behaviour of local development: A spatiotemporal analysis of all Polish municipalities over the period 2003–2019", *Sustainable Cities and Society*, 71. https://doi.org/10.1016/j.scs. 2021, 102992

Wang, X., Huang, X., Zhang, X., Yan, Y., Zhou, C., Zhou, J., & Feng, X. (2022). "Analysis of the spatio-temporal change of social-ecological system coupling: A case study in the Qinghai-Tibet Plateau", *Global Ecology and Conservation*, 33. https//:doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01973

Xiao, R., Yu, X., Xiang, T., Zhang, Z., Wang, X., & Wu, J. (2021). "Exploring the coordination between physical space expansion and social space growth of China's urban agglomerations based on hierarchical analysis", *Land Use Policy*, 109. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105700

Xiao, Y., Tian, K., Huang, H., Wang, J., & Zhou, T. (2021). "Coupling and coordination of socioeconomic and ecological environment in Wenchuan earthquake disaster areas: Case study of severely affected counties in southwestern China", *Sustainable Cities and Society*, 71. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102958

Zhang, Z. & Li, Y. (2020). "Coupling coordination and spatiotemporal dynamic evolution between urbanization and geological hazards-A case study from China", *Sci Total Environ*, 728, 138825. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138825

Zhao, G., Liang, R., Li, K., Wang, Y., & Pu, X. (2021). "Study on the coupling model of urbanization and water environment with basin as a unit: A study on the Hanjiang Basin in China", *Ecological Indicators*, 131. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108130

Zhou, D., Tian, Y., & Jiang, G. (2018). "Spatio-temporal investigation of the interactive relationship between urbanization and ecosystem services: Case study of the Jingjinji urban agglomeration, China", *Ecological Indicators*, 95, pp. 152-164. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.007