

Research Paper

Spatial Smoothing of Fertility Rate in Rural Areas of Iran (2011-2016)

*Mehrangiz Rezaee¹, Hassanali Faraji Sabokbar², Siamak Tahmasbi³

1. Assistant Professor, Department of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Professor, Department of Human Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. MSc. Student, Department of RS & GIS, Center for Remote Sensing & GIS Research, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.



Citation: Rezaee, M., Faraji Sabokbar, H., & Tahmasbi, S. (2022). [Spatial Smoothing of Fertility Rate in Rural Areas of Iran (2011-2016) (Persian)]. *Journal of Rural Research*, 12(4), 734-749, <http://dx.doi.org/10.22059/jrur.2022.325115.1641>

doi: <http://dx.doi.org/10.22059/jrur.2022.325115.1641>

Received: 05 June 2021

Accepted: 01 Jan. 2022

ABSTRACT

Fertility is one of the basic processes of the population that has an important effect on the dynamics and change of population structure. The declining burden is a global phenomenon; in the past decades, developed countries and today many developing countries are experiencing it, and in Iran, the overall fertility rate has reached less than the replacement level. Estimation of fertility rate in rural areas is mainly affected by population size and space unit size. Therefore, estimating fertility rates and mapping them in small and sparsely populated geographical areas is challenging. This study aims to accurately estimate and identify spatial patterns of fertility in rural areas using spatial smoothing methods for 2016 and 2011. Experimental Bayes and spatial Bayes smoothing methods were used to analyze the data. While the average GFR of 2011 and 2016 are 51.1 and 71.6 (children per 1000 women), respectively, the findings show that spatial smoothing methods, especially the experimental spatial Bayesian method, have good efficiency in estimating fertility in small areas. Adjusting the fertility rate in densely populated areas is less and in sparsely populated areas it makes a significant adjustment. The results also show the occurrence of high rural fertility in less developed border areas (southeast, east and south) and the spread of low rural fertility from north to south and then the central and western villages. The persistence of low fertility in most of the rural areas is causing serious challenges in the economic, social and political spheres.

Key words:

Fertility rate,
Spatial smoothing,
Spatial Empirical Bayes, Spatial autocorrelation,
Rural areas

Copyright © 2022, Journal of Rural Research. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract**1. Introduction****F**

ertility is one of the basic processes of a population that has an important impact on the dynamics and structure of

the population. Fertility decline is a global phenomenon; in the past decades, developed countries and today many developing countries are experiencing it. In Iran, the total fertility rate (TFR) has fallen below the replacement level. However, the fertility gap between urban and rural areas in the country has been minimized and the convergence of fertility behaviors in urban and rural areas in the coun-

*** Corresponding Author:****Mehrangiz Rezaee, PhD****Address:** Department of Geography, Campus of Humanities and Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.**Tel:** +98 (35) 31232089**E-mail:** Rezaee.m@Yazd.ac.ir

try is remarkable. Mapping and estimating fertility rates in small and sparsely populated geographical areas is challenging because estimating fertility rates in rural areas is mainly affected by population size and space unit size. One way to improve the quality of estimates in such cases is to use spatial smoothing techniques. The main purpose of this study is to identify and explore local spatial patterns of fertility, as well as accurate estimation of fertility in rural areas. To calculate the instability of fertility rate in small areas, the methods of empirical Bayes and spatial empirical Bayes are applied to the general fertility rate and the results are compared.

2. Methodology

The present study is applied in terms of purpose and exploratory-descriptive in terms of method. In this research, the data related to the results of the census of population and housing were used.

The period is from 2011 to 2016; the spatial scale in the analysis is the county. There are various measures to assess fertility at the micro-level (normal population growth, crude birth rate, general fertility rate, age-specific fertility rate, total fertility rate). Due to the importance of the general fertility rate (GFR) and its study for socio-economic policies, this index has been used in this study and the formula for calculating it is as follows:

$$GFR = \frac{B}{P_r(15-49)} \times 1000$$

B is the number of annual births and $P_r(15-49)$ is the average number of women of childbearing age in that community (women 15-49) in that year.

To perform and extract maps related to spatial smoothing, empirical Bayes and spatial empirical Bayes methods have been used. The mentioned models are performed in ArcGIS, GeoDa and the maps are prepared in Illustrator.

3. Results

The results of the general fertility rate for 2011 show obvious differences. The mean and median values have increased significantly, they have increased from 51.1 and 48.6 in 2011 to 71.6 and 69.9 in 2016, respectively.

The smoothed maps show that after adjusting the rates, the intensity of spatial changes in the general fertility rate has somewhat decreased. Therefore, generating maps using the same data set but different smoothing methods can lead to different spatial patterns. The Moran method was used to compare the raw rate and the smoothed rate and

also to investigate the effect of Empirical Bayes and Spatial Empirical Bayes methods. The comparison of global Moran results shows that the Moran index in the Spatial Empirical Bayes method has increased, compared to the raw rate and the Empirical Bayes. Therefore, it can be said that after the implementation of smoothing, the degree of spatial dependence and similarity of GFR values in adjacent rural areas has also increased. Also, maps smoothed by the Spatial Empirical Bayes method provide a better understanding of the spatial pattern of the general fertility rate and eliminate the effect of demographic differences. The results show that mainly border rural areas, especially the southeast, east, northeast, south and southwest have higher general fertility rates and can be considered as hot spots.

4. Discussion

Spatial smoothing methods, especially the Spatial Empirical Bayes method, are effective in estimating fertility in small areas. Most sparsely populated areas provide an extreme estimate of the fertility rate, which causes spatial heterogeneity at fertility levels to be poorly demonstrated. Therefore, the use of smoothing methods can provide an accurate estimate of fertility rates in rural areas. The smoothed fertility map also provides a more accurate visual representation of the spatial fertility pattern and thus identifies areas that need intervention. The results of spatial smoothing methods showed that the rate of fertility adjustment was lower in densely populated areas while it makes significant adjustments in sparsely populated areas.

5. Conclusion

The findings of this study show that large parts of rural areas are experiencing low fertility. The continuation of such a trend, which leads to an aging population, can be a serious challenge to the sustainability of rural areas. One of the prominent features of fertility in rural areas is the prevalence of high fertility in less developed marginal and border rural areas (especially southeast, east and south). Also, the low fertility trend of the village has spread more from north to south than the central and western counties. What has been done in this research provides a suitable scientific and accurate basis for further fundamental research in the field of rural fertility and development.

Acknowledgments

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declared no conflicts of interest

هموارسازی فضایی نرخ باروری در نواحی روستایی ایران (۱۳۹۵-۱۳۹۰)

*مهرانگیز رضائی^۱، حسنعلی فرجی سبکبار^۲، سیامک طهماسبی^۳

۱- استادیار، گروه جغرافیا، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲- استاد، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مرکز مطالعات سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

حکمه

تاریخ دریافت: ۱۵ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۱ دی ۱۴۰۰

باروری یکی از فرایندهای اساسی جمعیت است که تأثیر مهمی در پویایی و تغییر ساختار جمعیت دارد. کاهش باروری پدیده‌های جهانی است؛ در دهه‌های گذشته، کشورهای توسعه‌یافته و امروزه بسیاری از کشورهای در حال توسعه آن را تجربه می‌کنند و در ایران نرخ باروری کلی به کمتر از سطح جانشینی رسیده است. برآورد نرخ باروری در نواحی روستایی عمدتاً متأثر از اندازه جمعیت و اندازه واحد فضایی است. به همین دلیل برآورد نرخ باروری و تهیه نقشه در مناطق جغرافیایی کوچک و کم جمعیت چالش برانگیز است. این پژوهش با هدف برآورد صحیح و شناسایی الگوهای فضایی باروری نواحی روستایی با استفاده از روش‌های هموارسازی فضایی برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۰ انجام شده است. برای تحلیل داده‌ها از روش‌های هموارسازی بیز تجربی و بیز تجربی فضایی استفاده شد. در حالی که میانگین GFR سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۵/۱ و ۷/۱۶ (فرزند به ازای هر ۱۰۰۰ زن) است، یافته‌ها نشان می‌دهد که روش‌های هموارسازی فضایی و به‌ویژه روش بیز تجربی فضایی در برآورد باروری در مناطق کوچک کارایی مناسبی دارد به طوری که میزان تعدیل نرخ باروری در مناطق پرجمعیت، کمتر و در مناطق کم جمعیت تعدیل قابل توجهی را ایجاد می‌کند. نتایج همچنین وقوع باروری بالای روستایی در نواحی مرزی کمتر توسعه‌یافته (جنوب شرق، شرق و جنوب) و گسترش روند باروری پایین روستایی از شمال به جنوب و سپس روستاهای مرکزی و غربی را نشان می‌دهد. تداوم باروری پایین در بخش عمده‌ای از نواحی روستایی، کشور را با چالش‌های جدی در حوزه اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و به‌رومی کند.

کلیدواژه‌ها:

نرخ باروری، هموارسازی فضایی، بیز تجربی فضایی، خودهمبستگی فضایی، نواحی روستایی

مقدمه

به ۲/۰۱ فرزند افزایش (Razeghi-Nasrabad et al., 2020) و در سال ۱۳۹۸ مقدار به ۱/۸ کاهش یافت (Abbasi-Shavazi, 2020). طبق آمار سطح باروری در مناطق روستایی بالاتر از مناطق شهری است، با این حال فاصله میزان باروری بین مناطق شهری و روستایی در کشور به حداقل رسیده و همگرایی رفتارهای باروری در مناطق شهری و روستایی در کشور قابل توجه است (Abbasi-Shavazi & Hosseini-Chavoshi, 2013). به طوری که میزان باروری در مناطق روستایی نیز به سوی باروری پایین‌تر از حد جانشینی حرکت کرده است. در دوره ۵ ساله ۱۳۹۰-۱۳۸۵ میزان باروری کل در مناطق شهری حدود ۱/۷ و در مناطق روستایی ۲/۳ را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت کاهش باروری در مناطق روستایی شدیدتر از مناطق شهری بوده است (Abbasi-Shavazi et al., 2009: 54). با کاهش نرخ باروری، شناسایی و کشف الگوهای فضایی باروری از اهمیت بالایی برخوردار است (Mojica et al., 2009: 54).

امروزه بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در حال تجربه باروری پایین و بسیار پایین هستند. تداوم نرخ باروری زیر جانشینی (۲/۱) چالش‌های زیادی را ایجاد می‌کند (Uijtdehaag, 2017:6). همچنین اگر باروری به سطح معینی (مک‌دونالد این آستانه را حدود ۱/۵ فرض می‌کند) کاهش یابد جامعه وارد تله باروری پایین می‌شود (Lutz & Skirbekk, 2005:700). کشور ما نیز در دهه‌های اخیر پدیده باروری پایین را تجربه می‌کند. به دلیل آثار و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، و امنیتی که باروری پایین دارد، این مسئله مورد توجه سیاست‌گذاران و محققان حوزه‌های علمی مختلف قرار گرفته است. در سال ۱۳۴۵، نرخ کلی باروری ۷/۷ بود و در سال ۱۳۹۰ با کاهش شدید به ۱/۸ رسید. بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ نرخ کلی باروری

* نویسنده مسئول:

دکتر مهرانگیز رضائی

نشانی: یزد، دانشگاه یزد، پردیس علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا.

تلفن: ۳۱۲۳۲۰۸۹ (۳۵) ۹۸+

پست الکترونیکی: Rezaee.m@Yazd.ac.ir

کار رفته است، اما در حوزه باروری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی این پژوهش شناسایی و کشف الگوهای فضایی محلی باروری و همچنین برآورد صحیح از باروری در مناطق روستایی است. در این پژوهش برای محاسبه بی‌ثباتی نرخ باروری در مناطق کوچک، روش‌های هموارسازی بیز تجربی، بیز تجربی فضایی و نرخ فضایی بر روی نرخ باروری عمومی اعمال و نتایج مقایسه می‌شوند. این پژوهش به دنبال پاسخگویی به دو سؤال اصلی است؟ (۱) تفاوت‌های منطقه‌ای و فضایی در الگوهای فضایی نرخ باروری روستایی چگونه است؟ (۲) کدام یک از روش‌های هموارسازی فضایی برآورد صحیح و قابل‌اعتمادی از نرخ باروری روستایی ارائه می‌دهد؟ پاسخ به این دو سؤال و شناسایی الگوهای فضایی باروری مناطق روستایی در تصمیم‌گیری و سیاست‌های جمعیتی و همچنین شناسایی نواحی روستایی که نیازمند مداخله هستند مفید خواهد بود.

مروری بر ادبیات موضوع

مبانی نظری

تغییر و تحولات جمعیتی متأثر از مؤلفه‌های باروری، مرگ‌ومیر و مهاجرت است، و همواره آن را از مؤلفه‌های اصلی تغییر جمعیت برشمرده‌اند (Poston & Micklin, 2005). تحلیل باروری در مناطق روستایی برای درک بهتر تغییرات جمعیتی بسیار مهم است (Lerch, 2018). یکی از دلایل اصلی درک تغییرات الگوهای فضایی و زمانی باروری این است که تغییرات آینده در جمعیت مناطق را نشان می‌دهد (Plowright, 2014). همچنین انگیزه این توجه ناشی از پیامدهای مهم و گسترده باروری و تغییر نرخ باروری است. تداوم باروری پایین و زیر سطح جانشینی پیامدهای نامطلوبی را به‌ویژه برای مناطق روستایی به دنبال خواهد داشت و مستقیم و غیرمستقیم بر روی ابعاد مختلف جامعه روستایی تأثیرگذار است. اولین آثار کاهش باروری در بعد جمعیتی که کاهش جمعیت و افزایش سهم جمعیت سالخوردگان دو مؤلفه اصلی آن است، آشکار می‌شود. به‌طوری که با کاهش باروری، ساختار سنی جمعیت به سوی سالخوردگی حرکت می‌کند. شواهد متعددی از آثار نامطلوب کاهش باروری و متعاقباً سالخوردگی جمعیت در منطق روستایی کشورهای توسعه‌یافته وجود دارد. به‌طور مثال در بسیاری از مناطق روستایی با کاهش باروری و در نتیجه آن کاهش افراد محصل بسیاری از مدارس تعطیل و اشتغال برای معلمان و کادر آموزشی محدود شده است (Hospers & Reverda, 2014). همچنین کشورهای دارای نرخ باروری پایین نیروی کار کمتری خواهند داشت که از جمعیت سالخورده حمایت کند و ممکن است با کمبود شدید نیروی کار روبه‌رو شوند که معیشت یا ثبات اقتصادی را تهدید می‌کند (Newbold, 2010).

(2019). اما غالباً این نوع اطلاعات به دلایل بوروکراتیک فقط به‌صورت منطقه‌ای در دسترس هستند. همیشه مرزهای سیاسی مناطق ایدئالی برای جمع‌آوری داده نیستند، چرا که بخش بزرگی از داده‌های منطقه‌ای از یک پایه‌ای که خودش تغییرپذیر است شمارش و این ویژگی پایه نابرابر از منطقه‌ای به منطقه دیگر، منجر به واریانس‌های نابرابر می‌شود. به‌منظور مقایسه مناطق به لحاظ فضایی، باید حد مجاز برای تغییرپذیری فضایی ناپایای نرخ‌ها^۱ ایجاد شود (Cressie, 1992). تهیه نقشه و برآورد نرخ باروری در مناطق جغرافیایی کوچک و کم‌جمعیت چالش‌برانگیز است. زیرا برآورد نرخ باروری در مناطق روستایی عمدتاً متأثر از اندازه جمعیت (León-Gómez et al., 2019) و اندازه واحد فضایی است. در مناطق جغرافیایی کوچک تعداد مولید اندک است به‌طوری که برآوردها می‌تواند بی‌ثبات یا غیرقابل‌اعتماد باشد به‌خصوص در مناطق کم‌جمعیت مولید اندک می‌تواند به تغییر بزرگ در برآورد نرخ باروری منجر شود زیرا نرخ باروری واریانس بالاتری را نشان می‌دهد. همچنین نرخ‌های خام باروری می‌تواند وجود الگوهای فضایی در داده را پنهان کند، به‌خصوص اگر نرخ‌ها بر اساس جمعیت‌ها با اندازه‌های بسیار متفاوت باشند. هنگام کار با داده‌های تجمیع شده^۲ به دلیل تغییرپذیری نرخ‌های محلی برآوردشده، اگر جمعیت یا تعداد متولدین نسبتاً کوچک باشند و به‌صورت پراکنده توزیع شده باشد، نرخ برآوردشده دقیق نخواهد بود (Erdogan et al., 2013). یکی از راهکارهای بهبود کیفیت برآوردها در چنین مواردی استفاده از تکنیک‌های هموارسازی فضایی است. در این رابطه، انواع روش‌های هموارسازی فضایی ارائه شده است (Zewdie, 2014). هدف روش‌های هموارسازی حذف یا حداقل‌سازی نویز از طریق ترکیب اطلاعات همسایه به‌شیوه انعطاف‌پذیر است. وقتی اطلاعات همسایگان جغرافیایی گنجانده می‌شود، اطلاعات مربوط به منطقه به‌طور مصنوعی متورم می‌شود. این امر ثبات بیشتری را برای منطقه خاص و همچنین بین مناطق فراهم می‌کند (Cramb et al., 2016). همچنین داده‌های هموارشده می‌تواند تفاوت‌های فضایی نرخ‌های ناشی از جمعیت کم را کاهش دهد و تضمین می‌کند که نتایج با قانون اول جغرافیا مطابقت بیشتری دارد (Wang & Gao, 2020). هموارسازی نه تنها نمایش بصری بهتری در مقایسه با نرخ خام ارائه می‌دهد بلکه همچنین برای یافتن ناخوشه‌های واقعی به کار می‌رود (Zhang et al., 2014). بنابراین نقشه هموارشده باروری یک ابزار تحلیلی کارآمدی است که پس از حذف نویز تصادفی، مناطق با نرخ‌های بالا یا پایین را نشان می‌دهد. روش‌های هموارسازی در زمینه‌های مختلف از جمله نرخ بیماری (Beroll et al., 2007; Goovaerts, 2005)، نرخ وزن کم هنگام تولد (Alam et al., 2019) نرخ مرگ‌ومیر (Alexander et al., 2017)، نرخ مرگ‌ومیر نوزادان (Gemperli et al., 2004) نرخ جرم (Law et al., 2014) و غیره به

1. Non-constant Spatial Variability of Rates
2. Aggregated data

جمعیت‌شناسی فضایی^۳

فضای یک عنصر حیاتی برای مطالعات جمعیت‌شناسی است. یکی از تبیین‌ها برای کاهش باروری پخش ایده‌ها است؛ به عبارت دیگر، ایده‌ها از فردی به فرد دیگر و از مکانی به مکان دیگر حرکت می‌کنند (de Castro, 2007:478). جمعیت‌شناسی از آنجایی که تقریباً همیشه با جمعیت‌های انسانی در منطقه جغرافیایی تعریف شده سروکار دارد، ذاتاً علم فضایی است. اما تاکنون تحلیل فضایی تنها نقش کمی در توسعه و آزمون نظریه‌های جمعیت‌شناسی داشته است. تعداد کمی از جغرافیدانان جمعیت با رویکرد فضایی، فراتر از سنجش حرکت افراد از منطقه‌های به منطقه دیگر، یا مقایسه روندهای جمعیتی در میان مناطق مختلف به تحقیق پرداخته‌اند (Weeks, 2004: 381). اما در دهه‌های اخیر، جمعیت‌شناسی فضایی توجه زیادی را به سوی خود جلب کرده است (Adamo, 2011: 1). جمعیت‌شناسی فضایی را می‌توان به عنوان «تحلیل فضایی فرایندهای جمعیتی» تعریف کرد (Matthews & Parker, 2013: 272). جمعیت‌شناسی فضایی به ابزارهای تجربی رسمی برای ارتباط دادن جمعیت و مکان‌ها اشاره می‌کند، و نقش و اهمیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های فضایی را منعکس می‌کند. ویکس^۴ (۲۰۰۴)، بیان می‌کند که تحلیل فضایی جمعیت را می‌توان به دو گروه تقسیم می‌کند: (۱) تحلیل‌هایی که با مشخصه‌های محلی یا ناحیه‌ای مرتبط هستند؛ و (۲) تحلیل‌هایی که با پیوستگی میان مکان‌ها مرتبط است. این تمایز شیوه سودمند برای سازماندهی تفکر به یک چهارچوب کلی فراهم می‌کند (تصویر شماره ۱). در تحقیقات جمعیت‌شناسی، ما می‌توانیم ویژگی‌های ناحیه‌ای را به عنوان نشان‌دهنده جنبه‌های زمینه (یا بستر) در نظر داشته

باشیم که تصمیمات جمعیت‌شناختی در آن صورت می‌گیرد و رفتار جمعیت‌شناختی نمود پیدا می‌کند. تحلیل فضایی سپس عوامل مکانی خاص را جستجو می‌کند که رفتار افراد مشابه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پیوستگی به انواع شبکه‌سازی و کنش متقابل مربوط می‌شود که به هر دو پخش (گسترش ایده‌ها) و پراکندگی (باز توزیع جغرافیایی جمعیت) منجر می‌شود. تحلیل فضایی سپس زمان‌بندی و جهت پیوستگی‌ها را جستجو می‌کند و دنبال فهم علل و پیامدهای آن است.

پیشینه تحقیق

کاهش باروری، به پدیده‌ای جهانی تبدیل شده است و در اولویت‌های سیاستی بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته است. با این حال با وجود پیشینه بسیار در رابطه با مسئله باروری، مطالعات آکادمیک اندکی هستند که به‌طور مستقیم بر پایه مفاهیم جغرافیایی و بعد فضایی باروری، تمرکز کرده باشند (Zhang et al., 2013; Schmertmann et al., 2013).

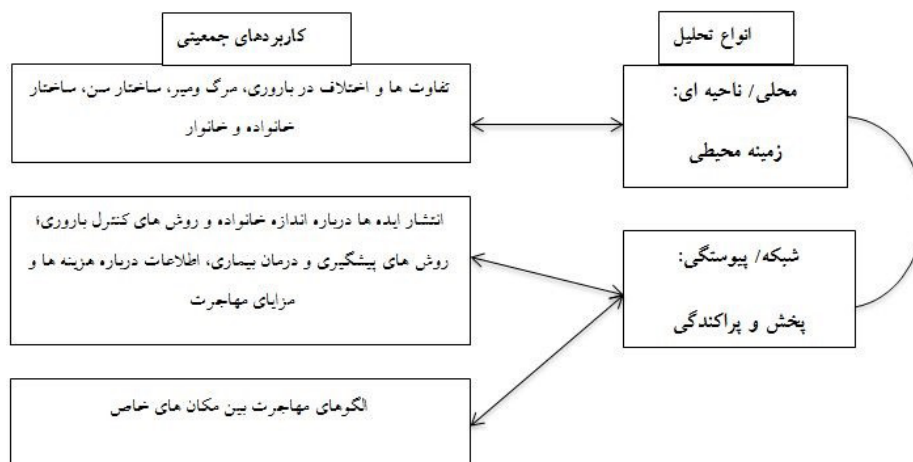
از جمله پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بروکینز و بروکینز^۵ (۲۰۰۲) تحلیل اکتشافی تمایزات باروری در هند، این پژوهش به بررسی رابطه بین بهبود شرایط اقتصادی و نرخ باروری می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای اقتصادی ۷۰ درصد از تغییرات بین ایالتی در نرخ باروری را تبیین می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که برای تبیین موفقیت‌آمیز نرخ باروری، مدل‌ها باید بیشتر بر متغیرهای غیراقتصادی متکی باشند. اشتغال خارج از خانه، سواد زنان سن اولین ازدواج به‌طور منفی با نرخ باروری مرتبط است.

3. Spatial Demography

4. Weeks

5. Brookins & Brookins



تصویر ۱. چهارچوبی برای تحلیل فضایی در تحقیقات جمعیتی. منبع: Weeks, 2004:381

باروری، برآورد صحیحی از نرخ باروری در مناطق روستایی، انجام و الگوهای فضایی قابل اعتمادی ارائه شود.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش اکتشافی-توصیفی است. داده‌های پژوهش مربوط به نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن نقاط روستایی کشور در سال‌ها ۱۳۹۵ و ۱۳۹۰ است؛ مقیاس فضایی در تحلیل‌ها شهرستان است که در دوره‌های سرشماری مختلف تعداد آن‌ها متفاوت است؛ بنابراین جامعه آماری پژوهش، تمامی نقاط روستایی به تفکیک شهرستان‌های کشور را در برمی‌گیرد.

تغییر در میزان باروری در کنار مرگ‌ومیر، به‌عنوان پدیده‌های ذاتی جمعیت، می‌تواند سبب تغییر در توزیع یا ترکیب جمعیت در طول زمان شود (Ahmadi & Ezoji, 2017). سنجه‌های گوناگونی برای بررسی میزان باروری در سطح خرد وجود دارد (میزان خام تولد، میزان باروری عمومی، میزانی باروری‌های اختصاصی سنی، میزان باروری کلی، میزان باروری کلی نکاحی) ولی با توجه به اهمیت میزان نرخ باروری عمومی (GFR) و بررسی آن برای سیاست‌گذاری‌های کلان اجتماعی-اقتصادی، در این پژوهش از این شاخص استفاده شده است

که فرمول محاسبه آن به‌صورت زیر است:

$$GFR = \frac{B}{\bar{P}_F(15-49)} \times 1000$$

که در آن B تعداد موالید سالانه و $\bar{P}_F(15-49)$ میانگین تعداد زنان واقع در سنین باروری آن جامعه (زنان ۱۵-۴۹) در آن سال است.

در مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به اهداف پژوهش برای انجام و استخراج نقشه‌های مربوط به هموارسازی فضایی از مدل‌های هموارسازی بیز تجربی، بیز تجربی فضایی و نرخ فضایی استفاده شده است. مدل‌های مذکور در نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی Geo Da، (GIS) انجام و نقشه‌ها در نرم‌افزار illustrator تهیه شده است.

هموارسازی فضایی^{۱۱}

هموارکننده‌ها در تحلیل داده، تکنیک‌های آماری هستند که برای آشکارسازی و تقویت الگوها برای کمک به مجموعه‌ای از سنجش‌ها طراحی می‌شوند (Hansen, 1991). هموارسازی فضایی یکی از روش‌ها برای کاهش نویز در نرخ‌های مربوط به مناطق جغرافیایی است. هموارکننده‌های فضایی قیاسی برای

آسونسون^۶ و همکاران (۲۰۰۵)، برآورد بیز تجربی در برنامه‌های جمعیتی برای مناطق کوچک، روش بیز تجربی برای برآورد نرخ باروری در بیش از ۳۸۰۰ شهرداری برزیل استفاده شد. نتایج نشان داد که بیز تجربی به‌طور قابل‌توجهی برآورد بهتری دارد.

یوساهان و اوزگار^۷ (۲۰۰۸) تفاوت‌های منطقه‌ای باروری در ترکیه: تداوم باروری در جنوب شرقی، هدف این مطالعه بررسی تفاوت‌های منطقه‌ای باروری در سطح استان با تمرکز بر باروری بالا است. استفاده از زبان محلی و تسلط هنجارهای فرهنگی سنتی در مناطق توسعه‌نیافته شرقی و جنوب شرقی موانع زبانی و فرهنگی ایجاد کرده است و عمدتاً از فرایندهای تعامل اجتماعی که پذیرش رفتارهای باروری مدرن را تضمین می‌کند، خارج‌شده‌اند و این مناطق همواره سطح بالای باروری را حفظ کرده‌اند.

ژانگ^۸ و همکاران (۲۰۱۳) برآورد نرخ باروری منطقه‌ای در مناطق کوچک: کاربرد رویکرد بیزی در مناطق III پرتغال، آن‌ها از روش بیزی برای توسعه یک مدل برای برآورد نرخ باروری ویژه سنی (ASFR) و نرخ باروری کلی (TFR) در مناطق کوچک استفاده کردند. مدل ارائه‌شده برای برآورد باروری در حذف بی‌ثباتی بزرگ و حفظ ساختار فضایی کارآمد است. یافته‌های آن‌ها نشان داد که نتایج به‌دست‌آمده دقیق‌تر است و به اندازه کافی عدم قطعیت در برآوردها را نشان می‌دهد و برای سیاست‌گذاری جمعیتی در پرتغال بسیار مفید است.

اشمرتمن^۹ و همکاران (۲۰۱۳)، بیز پلاس براس^{۱۰}: برآورد باروری کلی برای مناطق کوچک از داده سرشماری پراکنده، آن‌ها برای برآورد باروری در بیش از پنج هزار شهرداری برزیل، ابتدا از روش بیز تجربی برای هموارسازی گروه‌های سنی و واحدهای همسایگی استفاده کردند و سپس روش براس را برای هموارسازی باروری محلی به کار بردند. نتایج نشان داد که روش بیز تجربی براس (EBB) رویکرد خوبی برای برآورد نرخ‌ها در مناطق کوچک در کشورهایی که دارای محدودیت داده مثبتی هستند، است.

تحقیقات گذشته چه داخلی و خارجی عمدتاً به بررسی عوامل اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی مؤثر بر باروری همچون آموزش (Ahmadian & Mehrbani, 2013; Khraif et al., 2017)، مسکن (Kulu & Vikat, 2008)، مرگ‌ومیر (Odongo, 2015)، کاربری اراضی (Pan & Lopez-Carr, 2016)، توسعه (Potter et al., 2002)، مذهب (McQuillan, 2004)، و غیره پرداخته‌اند. در این پژوهش سعی شده است با بهره‌گیری از مفاهیم جغرافیایی و بعد فضایی

6. Assunção
7. Yucesahin & Ozgur
8. Zhang
9. Schmetmann
10. Bayes plus Brass

11. Spatial Smoothing

است که توسط کلایتون و کالدور (۱۹۸۷) ارائه شد (Erdogan et al., 2013). روش‌های بیزی با سایر رویکردهای آماری متفاوت است زیرا آن‌ها هم داده و هم پارامترها را متغیرهای تصادفی در نظر می‌گیرند. استنباط تحت یک رویکرد بیزی به موارد خاصی نیاز دارد که بحث‌برانگیزترین عنصر، انتخاب توزیع پیشین^{۱۵} است. روش‌های بیز تجربی از داده برای برآورد اطلاعات ناشناخته در مورد توزیع‌های قبلی و شرطی استفاده می‌کنند (Cramb et al., 2016). بیز تجربی بر اساس این فرض است که توزیع پیشین رویداد گاما، نرمال یا لگ نرمال است که می‌تواند بر مسئله ناشی از تفاوت‌ها در اندازه جمعیت مناطق و برآورد جمعیت در معرض رویداد به شیوه قابل اطمینان‌تر غلبه کند (Türkan et al., 2020).

در کاربرد تکنیک‌های بیزی برای هموارسازی فضایی، توزیع پیشین از داده‌های مناطق دیگر بر اساس فرض خودهمبستگی فضایی به دست می‌آید. توزیع پسین^{۱۶} حاصل از آن از طریق سازش بین برآوردها در هر منطقه و برآوردها در مناطق همسایه مشخص می‌شود (Zewdie, 2014).

میزان هموارسازی بیز تجربی میانگین وزنی از وقوع نرخ خام و میانگین کلی (National average) است. برای هر شهرستان i نرخ باروری هموار شده به صورت زیر است (Dadzie et al., 2018):

$$\pi_i^{EB} = \omega_i r_i + (1 - \omega_i) \theta, \text{ where } \omega = \sigma^2 / (\sigma^2 + \mu / P_i)$$

r_i نرخ باروری عمومی در شهرستان i است که از طریق تعداد موالید زنده تقسیم بر تعداد زنان در گروه سنی (۱۵-۴۹) به دست می‌آید. θ میانگین کلی، σ واریانس توزیع پیشین، μ میانگین توزیع پیشین، و P_i زنان در معرض رویداد در شهرستان i است و μ از داده برآورد می‌شود.

هموارسازی بیز تجربی فضایی^{۱۷}

روش بیز تجربی فضایی روشی مدل مبنای است که مسئله اعداد کوچک^{۱۸} را از طریق تجمیع داده با استفاده از برخی عملکردهای همسایگی محلی تعریف شده محاسبه می‌کند. در این رویکرد، نرخ‌ها در مناطق با اندازه نمونه کوچک به سمت میانگین محلی تولید شده از طریق همسایه هموار می‌شود (Ruckthongsook, 2017). روش‌های هموارسازی بیز تجربی فضایی با افزودن وزن‌های فضایی که نشان‌دهنده روابط فضایی است، معرفی شدند (Türkan et al., 2020). هموارسازی بیز تجربی فضایی روشی برای تعدیل یا هموارسازی متغیرهای فضایی است که می‌تواند تأثیر اطلاعات غیرقابل اعتماد مانند نمونه کوچک یا مقادیر شدید^{۱۹} را

هموارکننده‌های پراکنش نگار در تحلیل رگرسیون و روش‌های میانگین متحرک در سری‌های زمانی هستند که با دو بعد سازگار شده‌اند. ایده اصلی این است که برای برآورد بهتر (الگوهای باثبات‌تر و با نویز کمتر) نرخ‌های مربوط به هر منطقه، اطلاعات واحدهای همسایه اخذ می‌شود و از این طریق سیگنال (برای مثال، الگوی فضایی) از نویز جدا می‌شود (Waller & Gotway, 2004). هدف هموارسازی نقشه، تولید بازنمایی نقشه از اثرات فضایی موجود در داده است در حالی که به‌طور همزمان هر نوع نویز مختل‌کننده یا مقادیر شدید را حذف می‌کند. نقشه همواره شده منتج باید دقت نقشه را بدون وارد کردن بایاس قابل توجه، افزایش دهد (Pfeiffer et al., 2008). برای کشف الگوهای پنهان در داده‌های نویزدار می‌توان از الگوریتم‌های هموارسازی آماری استفاده کرد. این فرایند از طریق حذف تغییرات محلی کوچک مقیاس و در عین حال حفظ روندهای منطقه‌ای بزرگ مقیاس انجام می‌شود (Mungiole, Pickle & Simonson, 1999).

دو مزیت اصلی برای هموارسازی نرخ‌ها^{۱۲} وجود دارد. مزیت اول این است که هموارسازی اجازه می‌دهد تا از طریق ترکیب داده‌های موجود در تفکیک^{۱۳} مورد نظر، نرخ‌ها تثبیت شوند و برای دستیابی به نرخ‌های باثبات، در مناطق بزرگ‌تر تجمیع شوند. دومین مزیت هموارسازی، نویز در نرخ که از طریق اندازه متفاوت جمعیت ناشی می‌شود را کاهش می‌دهد، بنابراین تشخیص الگوهای نظام‌مند در تغییرات فضایی پدیده‌ها را افزایش می‌دهد

هموارکننده نرخ فضایی^{۱۴}

هموارکننده نرخ فضایی بر اساس مفهوم میانگین متحرک فضایی برای بررسی تغییرات سراسری و روندها در نرخ‌ها ساخته می‌شود. هموارکننده نرخ فضایی برآوردی از نرخ خام هر منطقه را محاسبه نمی‌کند بلکه برای هر منطقه همراه با مجموعه‌ای از همسایگان مرجع محاسبه می‌شود (Erdogan et al., 2013). بنابراین هموارکننده نرخ فضایی موردی خاص از برآوردگر نرخ ناپارامتریک بر اساس اصل برآورد وزنی محلی است. به جای استفاده از میانگین محلی برای خود نرخ، میانگین وزنی به‌طور جداگانه برای صورت کسر و مخرج اعمال می‌کند. در نتیجه، نرخ هموار شده برای مکان معین به صورت زیر محاسبه می‌شود (Hansen, 1991):

$$\bar{\pi}_i = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij} O_j}{\sum_{j=1}^N w_{ij} P_j}$$

هموارکننده‌های بیز تجربی

برآوردگرهای هموارسازی بیزی بر اساس مدل پواسن-گاما

15. Prior Distribution
16. Posterior Distribution
17. Spatial Empirical Bayesian Smoothing
18. Small Numbers Problem
19. Extreme Value

12. Smoothing Rates
13. Resolution
14. Spatial Rate Smoother

به مولید مورد انتظار برای هر شهرستان تعریف می‌شود. تعداد مورد انتظار برای مولید، تعدادی است که نشان می‌دهد چه تعداد از مولید در شهرستان خواهد بود اگر آن شهرستان نرخ مولید مشابه کشور داشته باشد. این میانگین، میانگین نرخ شهرستان‌ها نیست بلکه به‌عنوان نسبت جمع کل همه مولید به جمع کل جمعیت در معرض رویداد است. نرخ فزونی رویداد باروری برای کشور ۱ در نظر گرفته می‌شود. مقادیر کمتر از ۱، شهرستان‌ها با مولید مورد انتظار کمتر را و مقادیر بالاتر از ۱ شهرستان‌هایی که تعداد مولید بیش از حد انتظار را نشان می‌دهد. مقادیر GFR بالاتر از متوسط کشوری برای سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ عمدتاً در بخش‌های وسیعی از قسمت‌های شرقی، جنوب شرقی، شمال شرقی، جنوب و جنوب غربی تمرکز یافته است (تصاویر شماره ۳ و ۴). در مقابل، مقادیر GFR کمتر از متوسط کشوری اغلب در مرکز، شمال، غرب و شمال غرب است. با این حال، تفاوت‌های جزئی در بین دو دوره دیده می‌شود. در سال ۱۳۹۰، مقادیر GFR پایین‌تر از متوسط کشوری (طبقه ۰/۵-۰/۲۵) که در نواحی غربی شکل گرفته بودند در سال ۱۳۹۵ ناپدید شده‌اند و قسمت‌های شمالی که در سال ۱۳۹۰ به‌صورت پراکنده بودند در سال ۱۳۹۵ به‌صورت متمرکز در سواحل غربی دریای خزر شکل گرفته‌اند. مقادیر GFR بالاتر از متوسط کشوری که در سال ۱۳۹۰ در جنوب غرب و جنوب شرق دیده می‌شود در سال ۱۳۹۵ از شدت و تعداد آن‌ها کاسته شده است.

نرخ فزونی روشی غیرفضایی است که تأثیر خودهمبستگی فضایی را نادیده می‌گیرد. با اجرای آماره موران سراسری، وجود خودهمبستگی فضایی مثبت و معنادار را در میان شهرستان‌ها نشان می‌دهد (جدول شماره ۵).

حذف کند. روش هموارسازی بیز تجربی فضایی همسایگی را برای هر منطقه فضایی تعریف می‌کند، هموارسازی فضایی بر اساس مقیاس همسایگی، رخداد پدیده، میانگین و واریانس واحد همسایگی انجام می‌شود (Wang & Gao, 2020):

$$\hat{r}(u_i) = \lambda(u_i)z(u_i) + [1 - \lambda(u_i)]m^*(u_i)$$

در این فرمول، u_i منطقه مورد مطالعه i را نشان می‌دهد، $\lambda(u_i)$ عامل انقباض بیزی است، $z(u_i)$ رخداد خام است، $m^*(u_i)$ میانگین وزنی رخداد در واحدهای همسایه است.

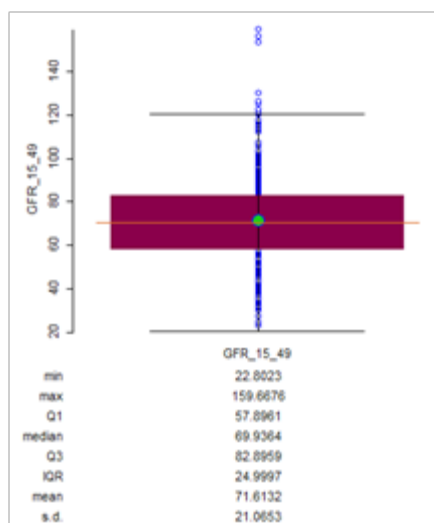
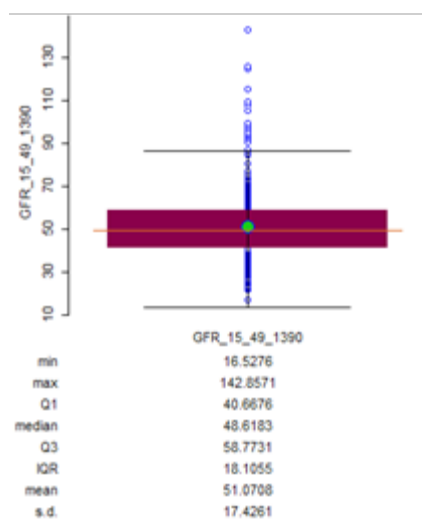
یافته‌ها

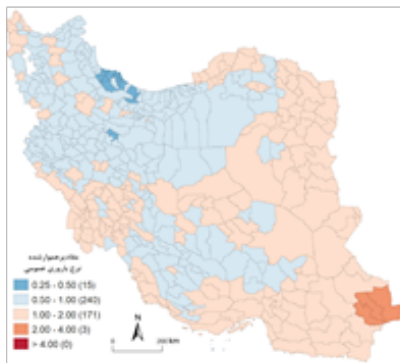
نتایج نرخ عمومی باروری برای سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ تفاوت‌های آشکاری را نشان می‌دهد مقادیر میانگین و میانه افزایش قابل توجهی را داشته است به‌طوری‌که مقادیر میانگین و میانه به ترتیب ۵/۱ و ۴۸/۶ در سال ۱۳۹۰ به ۷۱/۶ و ۶۹/۹ در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. داده‌های پرت در سال ۱۳۹۰ بسیار بیشتر از سال ۱۳۹۵ بوده است (تصویر شماره ۲). افزایش میزان GFR روستایی در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۰ متأثر از روند عمومی افزایش مولید در کشور است. بر اساس داده‌های سازمان ثبت‌احوال (سالنامه آماری ۱۳۹۰-۱۳۹۹)، تعداد مولید از سال ۱۳۹۶ تاکنون روندی رو به کاهش داشته است.

نرخ فزونی^{۲۰}

نرخ فزونی رویداد باروری به‌عنوان نسبت مولید مشاهده‌شده

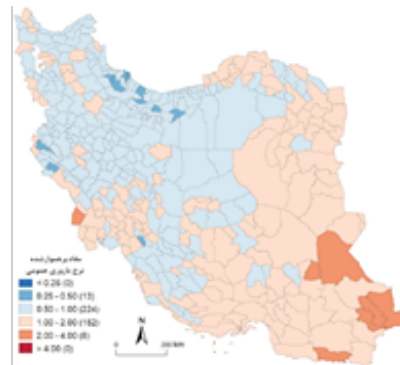
20. Excess Rate





تصویر ۴. نقشه توزیع فضایی نرخ فزونی باروری در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۵. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

فصلنامه پژوهش‌های روستایی



تصویر ۳. نقشه توزیع فضایی نرخ فزونی باروری در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۰. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

توزیع فضایی نرخ باروری ۱۳۹۰

تصویر شماره ۵، توزیع فضایی نرخ باروری عمومی روستایی در سال ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. نرخ باروری عمومی روستایی تغییرات فضایی آشکار و گسترده‌ای را در میان شهرستان نشان می‌دهد به طوری که مقادیر نرخ باروری دامنه‌ای از ۱۶/۵ تا ۱۴۳ فرزند به ازای ۱۰۰۰ زن (۱۵-۴۹ ساله) تغییر می‌کند. نرخ باروری روستایی در شهرستان‌های جنوب شرقی، شرقی، شمال شرقی، جنوب و جنوب غربی بالاتر است و در مقابل نرخ باروری روستایی در شهرستان‌های مرکزی، شمالی، غربی و شمال غربی پایین‌تر است. میانگین هر سه نرخ بسیار به هم نزدیک هستند (جدول شماره ۱)، اما کمترین مقدار مربوط به بیز تجربی فضایی (۵۰/۹۴) است. همچنین بیشترین انحراف استاندارد مربوط به نرخ خام (۱۷/۴۳) و کمترین برای بیز تجربی فضایی (۱۶/۲۷) است.

در جدول شماره ۲، اثر هموارسازی در تعدادی از شهرستان‌های کم جمعیت و پر جمعیت روستایی ارائه شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت در میزان خام (GFR) نرخ‌های بالا در شهرستان‌های کم جمعیت رخ داده است. شهرستان‌های کم جمعیت روستایی مانند ابوموسی، خوربیا بانک، قصر شیرین، کوهبنان و گرمه نرخ باروری عمومی بالایی را نشان می‌دهند؛ در حالی که به لحاظ جمعیت، گروه سنی زنان و تعداد موالید

جدول ۱. آمار توصیفی نرخ عمومی باروری روستایی در سال ۱۳۹۰.

نرخ	میانگین	میانه	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
خام	۵۱/۰۷	۴۸/۶۲	۱۷/۴۳	۱۶/۵۳	۱۴۲/۸۶
بیز تجربی	۵۰/۹۷	۴۶/۶۹	۱۶/۵۴	۱۷/۵۱	۱۲۴/۷۶
بیز تجربی فضایی	۵۰/۹۴	۴۸/۶۶	۱۶/۲۷	۱۷/۹۷	۱۲۳/۹۸

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

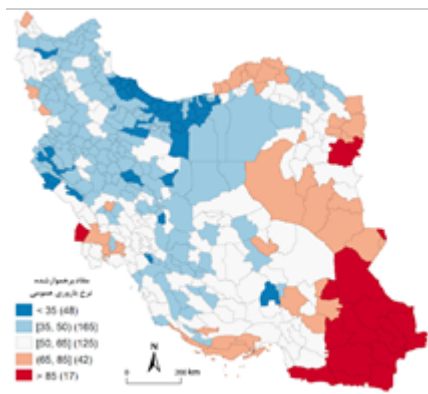
بسیار پایین بودند GFR آن‌ها بالاتر از میانگین است. مقادیر GFR با استفاده از روش‌های بیز تجربی، بیز تجربی فضایی شدند که شدت تغییر مقادیر در بین روش‌های متفاوت است. به طوری که بیشترین نرخ هموار شده مربوط به روش بیز تجربی فضایی است. در روش بیز تجربی فضایی به دلیل استفاده از مقادیر میانگین محلی میزان هموارسازی بیشتر است. هنگام مقایسه نقشه GFR هموار نشده با هموار شده (تصاویر شماره ۶ و ۷)، اثرات استفاده از روش‌های هموارسازی مشهود است. مقایسه نقشه GFR هموار نشده با نقشه هموار شده به روش بیز تجربی تغییرات جزئی را نشان می‌دهد. به طوری که در نقشه هموار شده GFR از طبقه کمتر از ۳۵ کاسته شده و به طبقه ۵۰-۳۵ افزوده شده است. همچنین در GFR بالای ۸۵ که مقادیر پرت بیشتری داشت، کاسته شده است. همان‌طور که نقشه GFR هموار شده به روش بیز تجربی نشان می‌دهد هنوز مقادیر پرت در میان شهرستان‌های شمال غربی و مرکزی وجود دارد. این به دلیل تأثیر میانگین عمومی در روش بیز تجربی است. در نقشه هموار شده به روش بیز تجربی فضایی مقادیر هموار شده الگوی مشابهی را نشان می‌دهد به طوری که بیشترین تغییرات در طبقات کمتر از ۳۵ و ۳۵-۵۰ رخ داده است. در نقشه هموار شده به روش بیز تجربی فضایی، شدت هموارسازی به دلیل استفاده از میانگین محلی بیشتر است. اگر بعد از اجرای هموارسازی نرخ‌های باروری در شهرستان‌ها، داده پرت هنوز باشد، آن مقادیر پرت واقعی هستند.

جدول ۲. برآورد نرخ باروری عمومی به تفکیک روش‌های هموارسازی ۱۳۹۰.

شهرستان	جمعیت	زنان ۱۵-۴۹ ساله	تعداد مولید	نرخ خام (GFR)	بیز تجربی	بیز تجربی فضایی
بیشترین جمعیت روستایی						
مشهد	۲۹۷۶۴۴	۸۳۷۱۵	۵۲۶۵	۶۲/۸۹	۶۲/۸۷	۶۲/۸۴
ارومیه	۲۸۳۵۱۰	۷۹۴۳۳	۴۰۹۱	۵۱/۵۰	۵۱/۵۰	۵۱/۴۷
اهواز	۲۶۲۱۸۱	۷۴۳۷۰	۵۳۳۶	۷۱/۶۱	۵۱/۵۷	۷۱/۵۶
بابل	۲۳۳۶۳۹	۶۶۱۶۸	۲۴۱۴	۳۶/۴۸	۳۶/۵۲	۳۶/۳۸
ری	۲۱۹۲۶۰	۶۳۲۸۲	۲۶۱۹	۴۱/۳۹	۴۱/۴۲	۴۱/۳۹
کمترین جمعیت روستایی						
ابوموسی	۱۸۰۲	۶۳	۹	۱۴۲/۸۶	۷۶/۲۷	۷۵/۰۵
خورویابانک	۴۰۹۸	۹۷۰	۳۸	۳۹/۱۸	۴۱/۱۹	۵۱/۵۳
قصرشیرین	۷۲۲۱	۱۲۶۲	۶۸	۵۳/۸۸	۵۳/۷۰	۴۷/۴۵
کوهبنان	۵۰۷۳	۱۲۸۰	۹۰	۷۰/۳۱	۶۸/۱۵	۶۳/۷۷
گره	۳۹۴۷	۱۴۲۷	۹۴	۶۵/۸۷	۶۴/۳۹	۶۵/۳۶

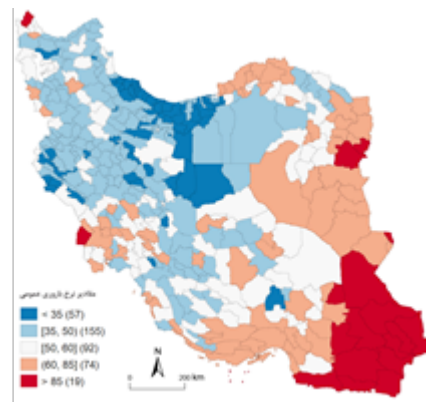
فصلنامه پژوهش‌های روستایی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰



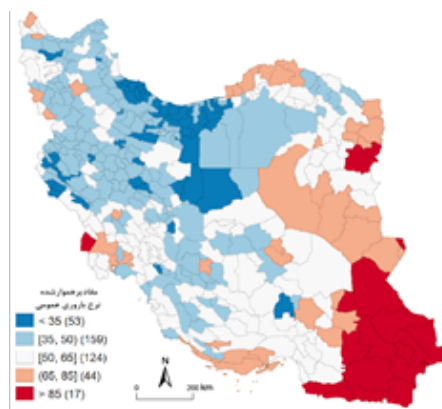
تصویر ۶. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری هموار شده به روش بیز تجربی در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۰. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰.

فصلنامه پژوهش‌های روستایی



تصویر ۵. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۰. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰.

فصلنامه پژوهش‌های روستایی



تصویر ۷. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری هموار شده به روش بیز تجربی فضایی در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۰. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰.

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

توزیع فضایی نرخ باروری ۱۳۹۵

در سال ۱۳۹۵، میانگین نرخ باروری عمومی روستایی ۷۱/۶ و دامنه مقادیر از ۲۲/۱ تا ۱۶۰ فرزند به ازای هر ۱۰۰۰ زن (۱۵-۴۹ ساله) است که تغییرپذیری شدیدی را در میان شهرستان‌ها نشان می‌دهد. به لحاظ فضایی، الگوهای جالبی را می‌توان مشاهده کرد (تصویر شماره ۸). مقادیر بالای GFR عمدتاً در جنوب شرق، شرق، شمال شرق و جنوب غرب متمرکز شده‌اند؛ در حالی که مقادیر پایین GFR اغلب در شمال، مرکز، شمال غرب و غرب توزیع شده‌اند و شهرستان‌های شمالی به خصوص سواحل دریای خزر کمترین مقادیر GFR را دارند. مقادیر کلی GFR به روش‌های مختلف در جدول شماره ۳ ارائه شده است، مقادیر میانگین و میانه در هر دو روش تغییرات جزئی را نشان می‌دهد، اما مقادیر حداقل و حداکثر در بین روش‌ها تغییرات آشکاری را

نشان می‌دهد. مقادیر حداقل GFR ۲۲/۸۰ بوده است که بعد از هموارسازی به روش‌های بیز تجربی و بیز تجربی فضایی به ترتیب به ۲۳/۳۷، ۲۳/۰۷ تغییر کرد. بنابراین، روش بیز تجربی فضایی مقادیر را بیشتر هموار می‌کند. در مقادیر حداکثر GFR هموار شده بیز تجربی و بیز تجربی فضایی تفاوت کمی وجود دارد.

در جدول شماره ۴، مقادیر هموار شده به روش‌های مختلف بر اساس بیشترین و کمترین جمعیت گروه سنی زنان شهرستان‌ها ارائه شده است. روستاهای شهرستان‌های ابوموسی، محلات، قصر شیرین، خوروبابانک و خمینی‌شهر به دلیل جمعیت کم در معرض مولید، نرخ باروری بالایی را نشان می‌دهند که چنین برآوردی نمی‌تواند صحیح و قابل اطمینان باشد. پس از اعمال روش‌های هموارسازی مقادیر GFR آن‌ها تغییرات چشمگیری را نشان می‌دهد.

جدول ۳. آمار توصیفی نرخ باروری روستایی در سال ۱۳۹۵.

نرخ	میانگین	میانه	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
خام	۷۱/۶۱	۶۹/۹۴	۲۱/۰۷	۲۰/۸۸	۱۵۹/۶۷
بیز تجربی	۷۱/۷۶	۶۹/۹۸	۲۰/۶۲	۲۳/۳۷	۱۵۸/۶۹
بیز تجربی فضایی	۷۱/۷۹	۶۹/۹۴	۲۰/۴۷	۲۳/۰۷	۱۵۸/۵۹

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

جدول ۴. برآورد نرخ باروری عمومی به تفکیک روش‌های هموارسازی ۱۳۹۵.

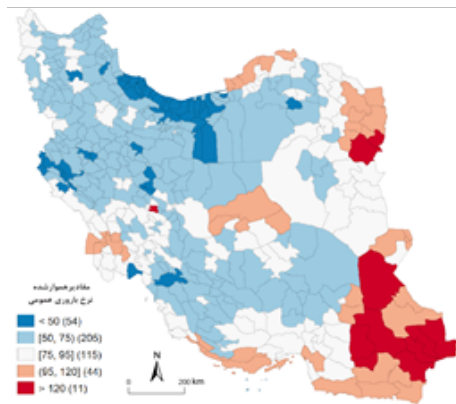
شهرستان	جمعیت	زنان ۱۵-۴۹ ساله	تعداد مولید	نرخ خام	بیز تجربی	بیز تجربی فضایی
بیشترین جمعیت روستایی						
مشهد	۳۶۰۴۹۸	۹۷۰۹۳	۹۳۰۲	۹۵/۸۱	۹۵/۷۷	۹۵/۷۶
ارومیه	۲۸۹۷۵۵	۷۷۶۹۹	۵۷۱۳	۷۳/۵۳	۷۳/۵۳	۷۳/۵۲
بابل	۲۲۶۳۵۱	۵۹۶۰۷	۲۷۸۹	۴۶/۷۹	۴۶/۸۶	۴۶/۵۱
رشت	۲۰۸۲۵۶	۵۴۶۶۹	۱۸۵۱	۳۳/۸۶	۳۳/۹۷	۳۳/۷۵
ری	۲۰۲۸۶۰	۵۲۹۸۹	۲۵۷۵	۶۷/۴۷	۶۷/۴۹	۶۷/۵۰
کمترین جمعیت روستایی						
ابوموسی	۳۱۸۹	۵۰	۳	۶۰/۰۰	۷۰/۶۰	۸۹/۷۴
محلات	۴۵۹۰	۹۷۷	۴۲	۴۲/۹۹	۴۷/۲۲	۵۲/۳۵
قصر شیرین	۴۶۰۶	۱۰۷۰	۴۲	۳۹/۲۵	۴۳/۶۳	۴۴/۷۵
خوروبابانک	۵۳۴۳	۱۲۵۹	۸۱	۶۴/۳۴	۶۵/۳۹	۶۵/۷۹
خمینی‌شهر	۴۶۷۵	۱۲۷۳	۱۱۸	۹۲/۶۹	۹۰/۶۸	۷۸/۶۳

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

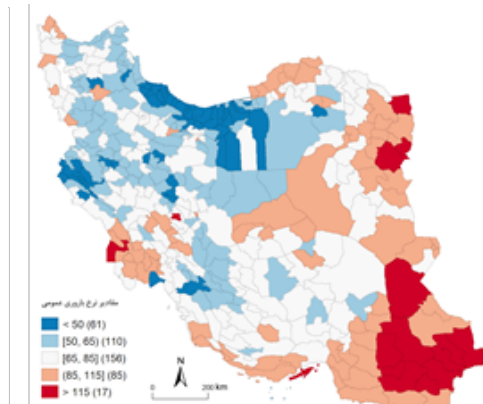
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

همچنین بررسی تأثیر روش‌های بیز تجربی و بیز تجربی فضایی از روش موران سراسری استفاده کردیم (جدول شماره ۵). مقایسه نتایج موران سراسری نشان می‌دهد میزان شاخص موران در روش بیز تجربی فضایی نسبت به نرخ خام و بیز تجربی افزایش یافته است. بنابراین می‌توان گفت بعد از اجرای هموارسازی به روش بیز تجربی و بیز تجربی فضایی بر میزان وابستگی فضایی و مشابهت مقادیر GFR نواحی روستای مجاور هم افزوده شده است. نقشه‌های هموارشده به روش بیز تجربی فضایی، درک بهتری از الگوی فضایی نرخ باروری عمومی ارائه می‌دهد و اثر تفاوت‌های جمعیتی را حذف می‌کند که نشان می‌دهد عمدتاً روستاهای مرزی به خصوص در جنوب شرق، شرق، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب مقادیر باروری عمومی بالایی دارند که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان لکه‌های داغ در نظر گرفت.

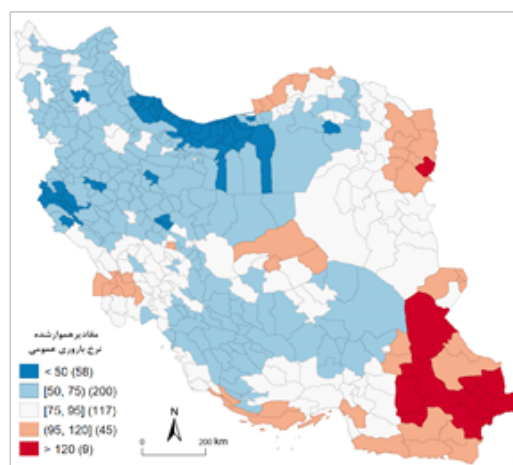
تصاویر شماره ۹ و ۱۰، توزیع فضایی GFR هموارشده به روش بیز تجربی و بیز تجربی فضایی را نشان می‌دهد. همان‌طور که نقشه‌های مذکور نشان می‌دهد در روش بیز تجربی فضایی مقادیر GFR هموارتر شده است به خصوص در طبقه GFR بالای ۱۲۰، از ۱۱ شهرستان در روش بیز تجربی به ۹ شهرستان در بیز تجربی فضایی کاهش یافته است؛ همچنین تغییراتی در سایر طبقات GFR مشاهده می‌شود. نقشه‌های هموارشده نشان می‌دهد پس از تعدیل نرخ‌ها، شدت تغییرات فضایی نرخ باروری عمومی تا حدودی کاهش یافته است. بنابراین تولید نقشه‌ها با استفاده از مجموعه داده مشابه اما روش‌های هموارسازی مختلف می‌تواند به الگوهای فضایی متفاوت منجر شود، در حال حاضر ارزیابی نظام‌مند از کارایی این رویکردهای وجود ندارد (Ruckthongsook, 2017). برای مقایسه بین نرخ خام و نرخ‌های هموارشده و



تصویر ۹. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری هموارشده به روش بیز تجربی در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۵. منبع: یافته‌های فصلنامه پژوهش‌های روستایی ۱۴۰۰



تصویر ۸. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۵. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰ فصلنامه پژوهش‌های روستایی



تصویر ۱۰. نقشه توزیع فضایی نرخ عمومی باروری هموارشده به روش بیز تجربی فضایی در نواحی روستایی ایران ۱۳۹۰. منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰ فصلنامه پژوهش‌های روستایی

جدول ۵. مقایسه کارایی روش‌های هموارسازی مورد استفاده.

نرخ‌ها	شاخص موران	Pseudo p-value
خام	۰/۶۰۵	۰/۰۰۱
	۰/۶۷۲	۰/۰۰۱
بیز تجربی	۰/۶۳۴	۰/۰۰۱
	۰/۶۷۹	۰/۰۰۱
بیز تجربی فضایی	۰/۶۷۲	۰/۰۰۱
	۰/۷۲۳	۰/۰۰۱

فصلنامه پژوهش‌های روستایی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

یافته است. تداوم چنین روندی، پیامدهای نامطلوبی را برای کشور و به خصوص مناطق روستایی به وجود می‌آورد شرایطی است که در صورت تداوم باروری پایین، کشور دچار تله باروری پایین و پیامدهای جبران‌ناپذیر آن یعنی تغییر ساختار سنی جمعیت و متعاقباً پیری و سالخوردگی جمعیت می‌شود و خروج از آن تقریباً ناممکن است. روش‌های هموارسازی فضایی با ارائه برآورد دقیق نرخ باروری، منجر به شناخت صحیح تغییرپذیری‌های فضایی، روندها و الگوهای فضایی - زمانی می‌شود که خود زمینه برای کشف و تدوین فرضیات جدید فراهم می‌کند. آنچه در این پژوهش انجام شده است، بستر مناسب علمی و دقیق برای تحقیقات بنیادین بعدی در حوزه جمعیت و باروری روستایی و توسعه را فراهم می‌کند.

تشکر و قدردانی

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

برآورد صحیح از نرخ باروری در مناطق کوچک به خصوص در مناطق روستایی و کم‌جمعیت، بخش مهمی از تحلیل‌های جمعیت‌شناسی فضایی است. نتایج نشان داد روش‌های هموارسازی فضایی و به خصوص روش بیز تجربی فضایی در برآورد باروری در مناطق کوچک کارایی مناسبی دارد. اغلب مناطق کم‌جمعیت برآورد شدیدی از نرخ باروری را ایجاد می‌کنند که باعث می‌شود ناهمگنی فضایی در سطوح باروری به خوبی نشان داده نشود. بنابراین استفاده از روش‌های هموارسازی می‌تواند برآورد صحیحی از نرخ باروری در مناطق روستایی ارائه دهد. همچنین نقشه باروری هموار شده نمایش بصری صحیح‌تری از الگوی فضایی باروری ارائه می‌دهد و بنابراین مناطقی که نیازمند مداخله هستند را شناسایی کرد. نتایج روش‌های هموارسازی نشان داد که میزان تعدیل نرخ باروری در مناطق پرجمعیت کمتر بوده است در حالی که در مناطق کم‌جمعیت تعدیل قابل توجهی را ایجاد می‌کند. بنابراین، نرخ باروری برای مناطق کم‌جمعیت بیشتر از مناطق پرجمعیت هموار می‌شود. GFR هموار شده بر اساس اندازه جمعیت قابلیت اطمینان روش‌های هموارسازی را برای غلبه بر مسئله مناطق کوچک را نشان می‌دهد. به دلیل اینکه روش‌های هموارسازی کمتر در زمینه باروری به کار رفته است امکان مقایسه روش‌ها دشوار است. با این حال، مطالعات آسونسون و همکاران (۲۰۰۵) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که روش بیز تجربی برآورد بهتری نسبت به روش‌های مرسوم دارد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بخش‌های وسیعی از مناطق روستایی در حال تجربه باروری پایین هستند. تداوم چنین روندی که سالخوردگی جمعیت را در پی دارد، می‌تواند چالش جدی پیش روی پایداری مناطق روستایی باشد. از خصیصه‌های بارز باروری مناطق روستایی رواج باروری بالا در مناطق حاشیه‌ای و مرزی کمتر توسعه‌یافته (به خصوص جنوب شرق، شرق و جنوب) است. همچنین روند باروری پایین روستایی از شمال به جنوب و سپس روستاهای مرکزی و غربی گسترش

References

- Abbasi-Shavazi, M. J. (2020). Demographic Transition and New Pronatalist Policies in Iran. *ББК 66.75 П 26*, 16, 30.
- Abbasi-Shavazi, M. J., & Hosseini-Chavoshi, M. (2013). Fertility transformations in Iran in the last four decades, application and evaluation of own children's method in estimating fertility using census data 1986 to 2011, Economic Statistics Group, Statistical Research and Training Center.
- Abbasi-Shavazi, M. J., MacDonald, P., & Hosseini-Chavoshi, M. (2009). *The fertility transition in Iran: revolution and reproduction*, Springer Netherlands.
- Adamo, S. (2011). Future Directions in Spatial Demography. A Specialist Meeting convened by the University of California, Santa Barbara, Penn State University, and NIH advanced spatial analysis training program (NICHD 5R- 25 HD057002-04).
- Ahmadi, A. M., & Ezoji, A. (2017). Socioeconomic Determinants of Total Fertility Rate at an Aggregate Level in Iran: An Application of ARDL. *QJER*, 17 (3), 53-76.
- Ahmadian, M., & Mehrbani, V. (2013). Women's education and fertility in Tehran: an economic approach, *Journal of Economic Research*, 48 (1), 1-20.
- Alam, M. S., Hossain, S. S., & Sheela, F. F. (2019). Spatial smoothing of low birth weight rate in Bangladesh using Bayesian hierarchical model. *Journal of Applied Statistics*, 46(10), 1870-1885.
- Alexander, M., Zagheni, E., & Barbieri, M. (2017). A flexible Bayesian model for estimating subnational mortality. *Demography*, 54(6), 2025-2041.
- Assunção, R. M., Schmettmann, C. P., Potter, J. E., & Cavenaghi, S. M. (2005). Empirical Bayes estimation of demographic schedules for small areas. *Demography*, 42(3), 537-558.
- Beroll, H., Berke, O., Wilson, J., & Barker, I. K. (2007). Investigating the spatial risk distribution of West Nile virus disease in birds and humans in southern Ontario from 2002 to 2005. *Population Health Metrics*, 5(1), 1-16.
- Brookins, M. L., & Brookins, O. T. (2002). An exploratory analysis of fertility differentials in India. *Journal of Development Studies*, 39(2), 54-72.
- Cramb, S., Duncan, E., White, N., Baade, P., & Mengersen, K. (2016). *Spatial Modelling Methods*. Brisbane: Cancer Council Queensland and Queensland University of Technology (QUT).
- Cressie, N. (1992). Smoothing regional maps using empirical Bayes predictors. *Geographical Analysis*, 24(1), 75-95.
- Dadzie, D., Kenu, E., Pehrah, N. Y., Ajumobi, O. O., Masiira, B., Bandoh, D. A., ... & Afari, E. (2018). Spatio-temporal distribution of under-five malaria morbidity and mortality hotspots in Ghana, 2012–2017: a case for evidence-based targeting of malaria interventions. *Journal of Interventional Epidemiology and Public Health*, 1(5).
- de Castro, M. C. (2007). Spatial demography: An opportunity to improve policy making at diverse decision levels. *Population research and policy review*, 26(5-6), 477-509.
- Erdogan, S., Yalçın, M., & Dereli, M. A. (2013). Exploratory spatial analysis of crimes against property in Turkey. *Crime, law and social change*, 59(1), 63-78.
- Gemperli, A., Vouunatsou, P., Kleinschmidt, I., Bagayoko, M., Lengeler, C., & Smith, T. (2004). Spatial patterns of infant mortality in Mali: the effect of malaria endemicity. *American journal of epidemiology*, 159(1), 64-72.
- Goovaerts, P. (2005). Geostatistical analysis of disease data: estimation of cancer mortality risk from empirical frequencies using Poisson kriging. *International Journal of Health Geographics*, 4(1), 1-33.
- Hansen, K. M. (1991). "Head-Banging: Robust Smoothing in the Plane." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 29 (3): 369–78. <https://doi.org/10.1109/36.79427>.
- Hospers, G. J., & Reverda, N. (2014). *Managing population decline in Europe's urban and rural areas*. Springer.
- Khraif, R. M., Salam, A. A., Al-Mutairi, A., Elsegaey, I., & Al Jumaah, A. (2017). Education's impact on fertility: The case of King Saud University women, Riyadh. *Middle East Fertility Society Journal*, 22(2), 125-131.
- Kulu, H., & Vikat, A. (2008). Fertility differences by housing type: The effect of housing conditions or of selective moves?. *Demographic research*, 17, 775-802.
- Law, J., Quick, M., & Chan, P. (2014). Bayesian spatio-temporal modeling for analysing local patterns of crime over time at the small-area level. *Journal of quantitative criminology*, 30(1), 57-78.
- León-Gómez, B. B., Gotsens, M., Mari-Dell'Olmo, M., Domínguez-Berjón, M. F., Luque-Fernandez, M. Á., Martín, U., ... & Pérez, G. (2019). Bayesian smoothed small-areas analysis of urban inequalities in fertility across 1999–2013. *Fertility research and practice*, 5(1), 1-9.
- Lerch, M. (2018). Fertility decline in urban and rural areas of developing countries. *Population and Development Review*, 1-20.
- Lutz, W., & Skirbekk, V. (2005). Policies addressing the tempo effect in low-fertility countries. *Population and development review*, 31(4), 699-720.
- Matthews, S., & Parker, D. M. (2013). Progress in spatial demography. *Demographic Research*, 28, 271-312.
- McQuillan, K. (2004). When does religion influence fertility?. *Population and development review*, 30(1), 25-56.
- Mojica, V. J., Choi, A., Leong, R. N., & Co, F. (2019). Spatial analysis of violent crimes in Metro Manila, Philippines. *International Journal of Comparative and Applied Criminal Justice*, 43(1), 29-47.
- Mungiole, M., W. Pickle, L., & Hansen Simonson, K.. (1999). "Application of a Weighted Head-banging Algorithm to Mortality Data Maps." *Statistics in Medicine* 18 (23): 3201–3209.
- Newbold, K. B. (2010). *Population geography: Tools and issues*. Rowman & Littlefield Publishers.

- Odongo, B. O. (2015). Association between infant mortality and fertility change in Sub-Saharan Africa (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
- Pan, W. K., & López-Carr, D. (2016). Land use as a mediating factor of fertility in the Amazon. *Population and Environment*, 38(1), 21-46.
- Pfeiffer, D., Robinson, T., Stevenson, M., Stevens, K., Rogers, D., & Clements, A. (2008). *Spatial Analysis in Epidemiology*. Oxford: Oxford University Press.
- Plowright, A. S. (2014). Landscapes of fertility in rural South Africa: intergenerational understandings, migration and HIV/AIDS (Doctoral dissertation, University of Warwick).
- Poston, D. L., & Micklin, M. (Eds.). (2005). *Handbook of population*. Kluwer Academic/Plenum.
- Potter, J. E., Schmertmann, C. P., & Cavenaghi, S. M. (2002). Fertility and development: evidence from Brazil. *Demography*, 39(4), 739-761.
- Razeghi-Nasrabad, H. B., Abbasi-Shavazi, M. J., & Moeinifar, M. (2020). Are We Facing a Dramatic Increase in Voluntary and Involuntary Childlessness in Iran That Leads to Lower Fertility? *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, 7(2).
- Ruckthongsook, W. (2017). The Influence of Disease Mapping Methods on Spatial Patterns and Neighborhood Characteristics for Health Risk. (Thesis). University of North Texas. Retrieved from <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1062838/>.
- Schmertmann, C. P., Cavenaghi, S. M., Assunção, R. M., & Potter, J. E. (2013). Bayes plus Brass: estimating total fertility for many small areas from sparse census data. *Population studies*, 67(3), 255-273.
- Türkan, A. H., Erdugan, F., & Aldemir, S. (2020). Spatial Patterns of Infant Mortality in Turkey between 2011 and 2016. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 8(4), 1-15.
- Uijtdehaag, M. (2017). who should replace. The restriction of immigration in western-European countries with sub-replacement fertility. Master thesis, Radboud University. <https://theses.uibn.ru.nl/handle/123456789/4721>.
- Waller, L. A., & Gotway, C. A. (2004). *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1198/jasa.2005.s15>.
- Wang, Y., & Gao, W. (2020). The application of spatial empirical Bayesian smoothing method in spatial analysis of bacillary dysentery: A case study in Yudu County, Jiangxi Province. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 568, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Weeks, J. R. (2004). The role of spatial analysis in demographic research. *Spatially integrated social science*, 381-399.
- Yucesahin, M. M., & Ozgur, E. M. (2008). Regional fertility differences in Turkey: persistent high fertility in the southeast. *Population Space and Place*, 14(2), 135. *Journal of Applied Statistics*, 46(10), 1870-1885.
- Zewdie, S. A. (2014). Spatial analysis of child mortality in South Africa in relation to poverty and inequality: evidences from the 2011 census (Master's thesis, University of Cape Town).
- Zhang, J., Yin, F., Zhang, T., Yang, C., Zhang, X., Feng, Z., & Li, X. (2014). Spatial analysis on human brucellosis incidence in mainland China: 2004-2010. *BMJ open*, 4(4).
- Zhang, Z., Bhattacharjee, A., Maiti, T., Marques, J. L., Martins, J. M., & Castro, E. A. (2013). Spatial small area estimation of regional fertility rates: A Bayesian approach applied to Portuguese NUTS III regions.