ساخت واحدهای پایه مطالعاتی شهری بر مبنای MAUP[1]
(مطالعه موردی: منطقه‌بندی دموگرافیک شهر زنجان)

تاریخ دریافت مقاله : ۹۷/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش نهایی مقاله : ۹۷ /۱۱/۱۵

حسنعلی فرجی سبکبار* (دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران)
مرضیه صداقت کیش (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران)
علیرضا رحمتی (کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران)

چکیده

در هر گونه از تحلیل داده‌های جغرافیایی تعریف واحد پایه برای مطالعه اثرات مستقیم بر نتایج دارد. مسئله اساسی در مطالعات فضایی، ارائه تعریف دقیق از واحدهای فضایی تحت مطالعه می‌باشد. ضرورت تعریف واحدهای پایه مطالعه از این جهت است که اگر برای مثال رابطه سطح درآمد و میزان ارتکاب به جرم را یک‌بار در سطح واحدهای همسایگی و بار دیگر در سطح مناطق شهری مورد بررسی قرار دهیم نتایج متفاوتی حاصل خواهد شد. این مشکل از این جهت به وجود می‌آید که داده‌های اولیه (برای مثال سرشماری) در سطح بلوک‌های آماری منتشر می‌شوند و ما مجبور به ترکیب این داده‌ها در مقیاس واحد همسایگی یا مناطق شهری یا هر الگوی پایه دیگر برای مطالعه هستیم. از آنجایی که انتخاب این واحدهای پایه قاعده خاصی ندارد و اختیاری است نتایج متفاوتی به دست می‌آید. در واقع نتایج تحلیل‌های آماری مستقل از مقیاس واحد پایه مطالعاتی نمی‌باشد. این مسئله اولین بار توسط جلک و بیل[2] تحت عنوان مسئله واحدهای فضایی متغیر شناسایی شد. هدف از این پژوهش شناسایی واحد پایه فضایی است که پس از ترکیب داده‌ها در آن واحد، کمترین انحراف نسبت به داده‌های اولیه داشته باشد. روش تحقیق مقایسه‌ای تطبیقی می‌باشد و از لایه‌های رقومی بلوک‌های آماری برای انجام تحلیل آماری بهره‌برداری شده است. در این پژوهش سه واحد پایه بر مبنای شبکه معابر، محلات شهری و الگوی راست گوشه انتخاب و با استفاده از ۲۰ شاخص جمعیتی و پارامترهای مرکزی و پراکندگی و همبستگی تأثیر

[1] Modifiable areal unit problem

* نویسنده رابط: hfaraji@ut.ac.ir

[2] Gehlke & Biehl

مسئله واحدهای فضایی متغیر (MAUP) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج گویای این است که واحد پایه راست گوشه کمتر تحت تأثیر MAUP قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: واحدهای پایه مطالعاتی، واحدهای فضایی متغیر، شاخص‌های جمعیتی، زنجان.

مقدمه

شکل شهر به عنوان الگوی فضایی فعالیت‌های انسانی در برهه خاصی از زمان تعریف می‌شود(انصاری و همکاران، ۱۳۹۷: ص ۱۴۹). باید خاطر نشان کرد که در سازمان فضایی سکونتگاه‌های یک ناحیه یا یک کشور دو نوع سازمان فضایی یا دو نوع شبکه شهری ظاهر خواهد شد که نتایج سیاست‌های اقتصادی دراز مدت می‌باشد که عبارتند از شبکهٔ شهری زنجیرهای و شبکه شهری کهکشانی(سجادی و همکاران، ۱۳۹۴: ص۲۲).

نتایج بسیاری از مطالعات فضایی کمی و کیفی به نوع و ماهیت عوارض فضایی تحت مطالعه بستگی دارد. جغرافیدانان دارای سنتی بلندمدت در مطالعه واحدهای فضایی از قبیل مناطق، نواحی، شهرها و مکان‌ها هستند (اوپن شو[1]، ۱۹۴۸، ص ۳). مسئله اساسی در این مطالعات ارائه تعریف دقیق از واحدهای فضایی تحت مطالعه می‌باشد. تعریف واحدهای پایه مطالعاتی از این جهت اهمیت دارد که نمی‌توان بی‌نهایت واحدهای مسکونی موجود در سطح شهر را با استفاده از معیارهای مورد نظر ارزیابی نمود و باید سطوحی تعیین گردد و داده‌های اولیه در قالب آن در آیند. برای مثال در بسیاری از طرح‌های شهری ابتدا براساس معیارهای اجتماعی، اقتصادی و کالبدی فضا به واحدهای پایه‌ای از قبیل منطقه یا ناحیه و... تقسیم می‌شوند و برنامه‌ریزی در قالب این سطوح انجام می‌گردد. این سطوح می‌تواند رسمی و یا قراردادی باشد. سطوح پایه رسمی برای مثال شامل مناطق شهری، ناحیه‌بندی، محلات شهری و یا واحدهای دیگر می‌باشد در حالی که سطوح قراردادی را می‌توان شامل شبکه‌های الگوی راست گوشه[2]، پلیگون‌های تیسن و دیگر الگوها در نظر گرفت. در اکثر مطالعات علمی تعریف واحدهای مطالعاتی بر اندازه‌گیری ویژگی‌های آن ارجحیت دارد. ولی در مورد واحدهای فضایی در برخی مواقع این مورد وجود ندارد و داده‌های بسیاری جمع‌آوری شده و نهایتاً سطوح فضایی مطالعه تعیین شده و داده‌ها در آن قالب ترکیب[3] می‌گردند. هنگامی که سطوح جمع‌آوری داده‌ها و مطالعات برابر نباشد مجبور به ترکیب داده خواهیم شد. در هنگام این ترکیب حالت‌های مختلفی از لحاظ مقیاس فضایی و نحوه ترکیب محتمل می‌باشد که بر نتایج پژوهش تأثیرگذار خواهند بود. داده‌های در سطح خرد (پارسل) ممکن است به داده‌های در سطوح بالاتر (نواحی) تبدیل گردند یا عمل عکس آن ممکن صورت پذیرد برای مثال حالت‌های ترکیب ۱۰۰۰ پارسل برای تشکیل ۲۰ ناحیه برابر ۱۰ به توان ۱۲ (10^{12}) مورد می‌باشد (اوپن

1. Openshow
2. Fishnet
3. Aggregate

شو، ۱۹۸۴: ۳). در این ترکیبات نه تنها مرزهای نواحی بلکه تعداد آنها نیز می‌تواند متفاوت باشد و از لحاظ مقیاس فضایی نیز تغییرات متغیر مورد بررسی ملایمتر[۴] خواهد شد. در هر کدام از این ترکیبات نتایج متفاوتی حاصل خواهند شد.

این مسئله اولین بار توسط جلک و بیل (۱۹۳۴) تحت عنوان مسئله واحدهای فضایی متغیر[۱] معرفی شد (فلوردو[۲]، ۲۰۱۱). آن‌ها به این نتیجه رسیدند که ضریب همبستگی با ترکیب داده‌ها افزایش می‌یابد. یالی و کندال[۳] (۱۹۵۰) با اضافه کردن به یافته‌های جلک و بیل به این نتیجه رسیدند که ضریب همبستگی با مقیاس روند افزایشی می‌یابد (اوپن شو، ۱۹۸۴، ص۱۱). رابینسون[۴] در این مورد رابطه‌ای بسیار قوی بیان می‌دارد. وی بین بی‌سوادی و سیاه پوست بودن و بین بی‌سوادی و بومی بودن همبستگی برقرار می‌کند و به این نتیجه می‌رسد که با کاهش تعداد مشاهدات ضریب همبستگی افزایش می‌یابد (اوپن شو، ۱۹۸۴، ص۱۳). رابینسون (۱۹۵۶) پیشنهاد کرد که با وزن‌دهی به واحدهای فضایی برحسب اندازه می‌توان این مشکل را در محاسبه ضریب همبستگی کاهش داد. اوپن شو و تیلور[۵] (۱۹۷۹) به این نتیجه رسیدند که می‌توان با ترکیب‌های متفاوت حوضه‌های رأی‌گیری به هر مقداری از ضریب همبستگی بین سن و رفتار رأی‌گیری در ایالت آیوا[۶] دست یافت (فوترینگام[۷] ودیگران، ۲۰۰۲، ص۱۴۴).

مطالعات اخیر به طور عمده برمسائلی از قبیل فرایند ترکیب، تأثیرات ترکیب، مسأله مقیاس و استدلال غیرمنطقی اکولوژیکی[۸] تأکید دارند. میونت ات بالچ[۹] (۲۰۰۵) هنگام تهیه نقشه فقر از داده‌های سرشماری ترکیب شده به مطالعه ابعاد کاربردی MAUP پرداخت. وی اعلام نمود که دقت نقشه‌های تهیه شده از داده‌های ترکیبی سرشماری کمتر از داده‌های سرشماری در مقیاس خرد (خانوار) می‌باشد (پاویتان[۱۰] ودیگران، ۲۰۰۹).

---

4. Smooth
5. Modifiable Areal Unit Problem
6. Flowerdew
[3] Yale and Kendall
[4] Robinson
[5] Openshaw &
[6] LOWA
3. Fotheringham
4. Ecological Fallacy
[5] Meyonte et Ballch
6. Pawitan

تجزیه و تحلیل مسائل شهری عمدتاً بر مبنای استفاده از داده‌های ترکیبی مانند بلوک‌های سرشماری و یا محدوده‌های ترافیکی[۱] قرار دارد. اهمیت مسئله MAUP به طور گسترده‌ای در تمام تکنیک‌هایی که در برنامه‌ریزی شهری کاربرد دارند و نتایج آن‌ها تحت تأثیر این مسئله می‌باشد بسیار واضح می‌باشد (پائز[۲]ودیگران، ۲۰۰۴). این تکنیک‌ها شامل تحلیل‌های همبستگی (جلک[۳] و دیگران، ۱۹۳۴)، تحلیل رگرسیون (فوترینگام و دیگران، ۱۹۹۱)، مدل‌سازی اثرات متقابل فضایی (اوپن شو، ۱۹۷۷)، مدل‌های تخصیص بهینه مکان (گودچایلد[۴]، ۱۹۷۹)، مدلسازی انتخاب در فضای گسسته (گوو[۵] و دیگران، ۲۰۰۴) می‌باشند که همگی به طور گسترده در برنامه‌ریزی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین در زمینه مدل‌سازی انتخاب محل سکونت خانوارها توجه بسیاری به مسئله MAUP گردیده است (پائز و دیگران، ۲۰۰۴). تأثیر MAUP در تحلیل مسائل شهری با در نظر گرفتن اینکه می‌توان بی‌نهایت سیستم ناحیه‌بندی برای تقسیم شهر به واحدهای فضایی کوچکتر به کار برد افزون‌تر می‌گردد (گوو و دیگران[۶]، ۲۰۰۴).

ویژگی‌های واحدهای فضایی و نحوه انتخاب آن‌ها مسأله‌ای اساسی است زیرا نتایج تحلیل‌های آماری وابسته به ابعاد و شکل (مرزبندی) و نحوه ترکیب این واحدهای پایه می‌باشد. بنابراین این واحدها باید به نحوی انتخاب گردند که تأثیرات خصوصیات آن‌ها در نتایج تحلیل‌های آماری حداقل گردد. در این راستا سه نوع واحد پایه فضایی انتخاب و داده‌های بلوک‌های آماری در آن‌ها ترکیب شده‌اند تا بتوان از طریق آن‌ها واحدهای پایه را به گونه‌ای شناسایی کرد که میزان تغییرات شاخص‌ها در این واحدهای پایه همسو و دارای کمترین بایاس در داده‌ها باشد و به این سوال پاسخ داد که: کدام یک از شیوه منطقه‌بندی واحدهای پایه مطالعاتی کمترین میزان تغییرات نسبت به داده‌های اولیه ایجاد می‌نمایند و واحدهای پایه مناسب‌تری برای ارزیابی شاخص‌های دموگرافیک بوجود آورند؟

مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

بسیاری از داده‌های جغرافیایی حاصل ترکیب داده‌های جمع آوری شده در سطوح خرد می‌باشند. بهترین نمونه داده‌های سرشماری می‌باشند که در سطح خانوار جمع‌آوری

7. Traffic Zones
8. P´aez
9. Gelk
10. Goodchild
11. Guo
12 Gow et al

شده ولی در سطوح ترکیبی متفاوت از قبیل بلوک آماری، محدوده‌های شهری، شهرستان و یا استان منتشر می‌شود. نوع واحدهای ترکیب با توجه به موضوع بررسی قراردادی می‌باشد و پارامترهای آماری حاصل از این داده‌ها را تحت تأثیر قرار خواهند داد. اگر واحدهای فضایی را به گونه‌ای دیگر تعریف نماییم، تغییر در الگوها و روابط بین متغیرها بسیار محتمل می‌باشد (اوسالیوان[1] و دیگران، ۲۰۰۳، ص۳۰). ترکیب داده‌ها در واحدهای عمده سبب پنهان ماندن الگوهای موجود در داده‌ها شده و روابط موجود در سطح خاصی از ترکیب، لزوماً در سطوح ترکیبی بزرگتر یا کوچکتر وجود نخواهند داشت. ترکیب سبب کاهش انحراف[2] داده‌ها از میانگین و واریانس و انحراف معیار و افزایش همبستگی داده‌ها در سطح معین می‌گردد. شکل (۱) بیانگر ترکیب داده‌های اولیه به دو روش متفاوت می‌باشد که سبب حصول معادلات رگرسیون و ضریب‌های تعیین R^2 متفاوتی شده است. مشاهده می‌گردد که رابطه رگرسیون با ترکیب داده‌ها قوی‌تر شده است و داده‌ها به خط برازش نزدیک‌تر می‌شوند. اگر بار دیگر چهار واحد فضایی مجاور را در یک واحد بزرگتر ترکیب نماییم رابطه رگرسیونی قوی‌تر خواهد شد.

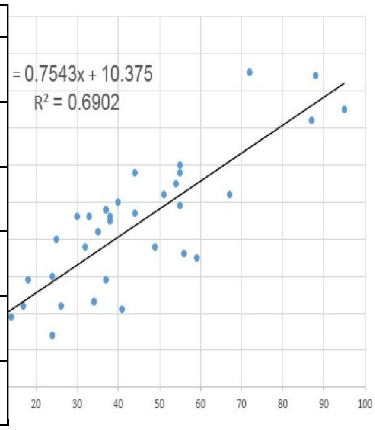
MAUP متشکل از دو بعد نزدیک به هم می‌باشد: مقیاس و ناحیه‌بندی. ناحیه‌بندی به نحوه تقسیم منطقه به تعداد معینی از واحدهای پایه مطالعاتی و مقیاس به تعداد واحدهای پایه مورد نیاز مربوط می‌شوند (پاویتان و دیگران، ۲۰۰۸). در واقع MAUP بیانگر این است که باید از بین بی‌نهایت واحدهای فضایی قابل تعریف، واحد پایه‌ای را انتخاب نمود که نتایج تحقیق از لحاظ آماری معنی‌دار باشد. اوپن شو (۱۹۸۳) اشاره به این دارد که عدم درک درست از مسئله MAUP سبب شده بسیاری فرض را بر عدم وجود چنین مسئله‌ای گذارده تا بتوانند برخی از تحلیل‌های آماری را به پایان برسانند. با در نظر گرفتن اهمیت این موضوع می‌توان گفت که توجه چندانی به آن نگردیده است. نظر اوپن شو بر این است که مسئله به ابزاری توصیفی-اکتشافی مانند آنچه در مورد خود همبستگی مکانی وجود دارد تبدیل گردیده و سپس به عنوان مثال رابطه‌ای بین درآمد و نرخ جرم برقرار نموده و به دنبال ترکیبی از داده‌ها باشیم که این رابطه را تا حد ممکن تقویت می‌نماید. حال سوال این است که چرا این ترکیب خاص داده‌ها رابطه ی مذکور را به حداکثر می‌رساند؟ شاید به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی و نیاز مطلق به دادهای بسیار بزرگ مقیاس‌تر، این ایده به طور گسترده‌ای پذیرفته نشده باشد.

---

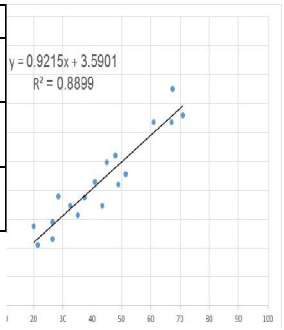
[1] O'Sullivan
2. Bias

رویکردهای متفاوتی در برخورد با مسئله واحدهای فضایی متغیر وجود دارد. برخی از داده‌های ترکیبی استفاده نمی‌کنند و به جای آن داده‌های که در سطح اولیه (خانوار) جمع‌آوری شده‌اند بهره می‌برند (زندبرگن[۱] و دیگران، ۲۰۰۶). اگرچه این رویکرد در صورت صورت وجود داده، زمان و هزینه کافی مطلوب به نظر می‌آید ولی معمولاً داده‌های اولیه بسیار بزرگ مقیاس منتشر نمی‌شود. رویکرد دیگر شامل متدولوژی پیچیده انطباق ماتریس واریانس-کوواریانس داده‌های ترکیب شده با واریانس فضایی داده‌های نامعلوم اولیه می‌باشد (ترانمر[۲] و دیگران، ۱۹۹۸).

متغییر وابسته						متغییر مستقل					
۳	۵	۲	۸	۷	۷	۲	۴	۳	۷	۹	۸
۰	۸	۹	۵	۵	۲	۴	۴	۷	۲	۵	۷
۲	۸	۴	۴	۶	۵	۳	۸	۳	۵	۵	۴
۳	۴	۶	۹	۰	۰	۴	۸	۸	۵	۵	۰
۱	۴	۴	۲	۴	۲	۲	۳	۳	۲	۳	۴
۴	۵	۲	۲	۶	۱	۴	۸	۵	۶	۰	۱
۲	۸	۲	۴	۳	۱	۱	۸	۳	۳	۵	۱
۹		۳	۸	۶	۹	۸		۴	۷	۶	۴
۴	۲	۵	۵	۴	۳	۳	۱	۶	۵	۴	۴
۸	۲	۲	۲	۷	۸	۷	۷	۷	۱	۴	۹
۵	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۵	۳	۳	۲	۵
۵	۵	۸	۶	۰	۸	۴	۹	۲	۳	۵	۵

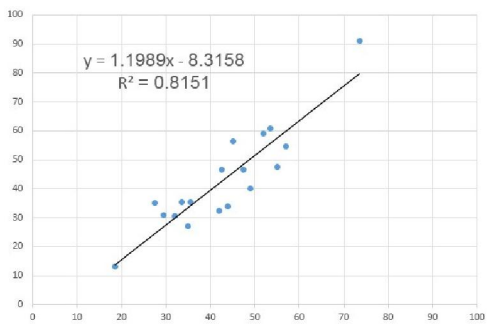


ترکیب نوع دوم متغیر وابسته						ترکیب نوع دوم متغیر مستقل					
/۵	۷۱	/۵	۶	/۵	۶	۲۹	/۵	۷۵	/۵	/۵	۶
۲۶		۳۷	۷	۶۷	۱		۶		۶۳	۳۷	
/۵	/۵	/۵	۳	۴۱	۲	۲۱	۲	۴۳	/۵	/۵	/۵
۲۱	۲۶	۳۲	۵		۰		۳		۳۱	۳۴	
/۵	/۵	۴۵	۴	/۵	۴	/۵	۳	/۵	۴۲	/۵	/۵
۵۱	۲۸		۹	۴۳	۸	۴۵	۸	۳۴		۴۹	



3. Zandbergen
4. Tranmer

ترکیب نوع دوم متغیر وابسته				ترکیب نوع دوم متغیر مستقل		
۴۴	۵۷	/۵ ۷۳		۳۴	/۵ ۵۴	۹۱
/۵ ۵۳	/۵ ۴۷	۵۵		۶۱	/۵ ۴۶	/۵ ۴۷
/۵ ۲۹	۳۲	/۵ ۳۳		۳۱	/۵ ۳۰	/۵ ۳۵
/۵ ۱۸	/۵ ۳۵	/۵ ۲۷		۱۳	/۵ ۳۵	۳۵
۳۵	۵۲	/۵ ۴۲		۲۷	۵۹	/۵ ۴۶
۴۵	۴۲	۴۹		/۵ ۵۶	/۵ ۳۲	۴۰



شکل ۱: واحدهای فضایی اولیه و نحوه ترکیب آن‌ها در سطح بزرگتر و تقویت همبستگی متغیرها. منبع: (اوسالیوان و دیگران، ۲۰۰۳، ص۳۰)

MAUP شامل تقابل پیچیده بین همبستگی فضایی، ناهمگنی فضایی و تغییرات ساختار فضایی می‌باشد. به دلیل پیچیدگی‌های MAUP، انطباق ماتریس واریانس-کوواریانس هنوز به صورت روشی کاربردی برای کاهش انحراف داده‌ها مطرح نشده است. نگرش دیگر بر ایجاد واحدهای فضایی خاصی برای دست‌یابی به واریانس فضایی بهینه و یا حداکثرسازی مقداریک پارامتر آماری خاص تأکید دارد. این عقیده دراصل توسط اوپن شو (۱۹۸۴) مورد تأکید قرار گرفت و منجر به ایجاد یک روش منطقه‌بندی خودکار شد (مارتین[1]، ۲۰۰۳). دیدگاه دیگر این گونه است که باید قبل از ارائه نتایج تحلیل‌ها به تحلیل حساسیت نتایج مطالعه نسبت MAUP پرداخت.

مواد و روش تحقیق

در پژوهش حاضر مسئله MAUP با رویکرد تحلیل حساسیت مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا در مرحله اول داده‌های رقومی بلوک‌های آماری سال ۸۵ (لایه‌های رقومی چندضلعی که داده‌های جمع‌آوری شده در سرشماری نفوس و مسکن در قالب آن منتشر می‌گردد) از مرکز آمار ایران تهیه گردیده و ۲۰ شاخص جمعیتی برای بلوک‌ها محاسبه شد و در قالب جدول (۱) ارائه شده است. در مرحله بعد سه نوع واحد

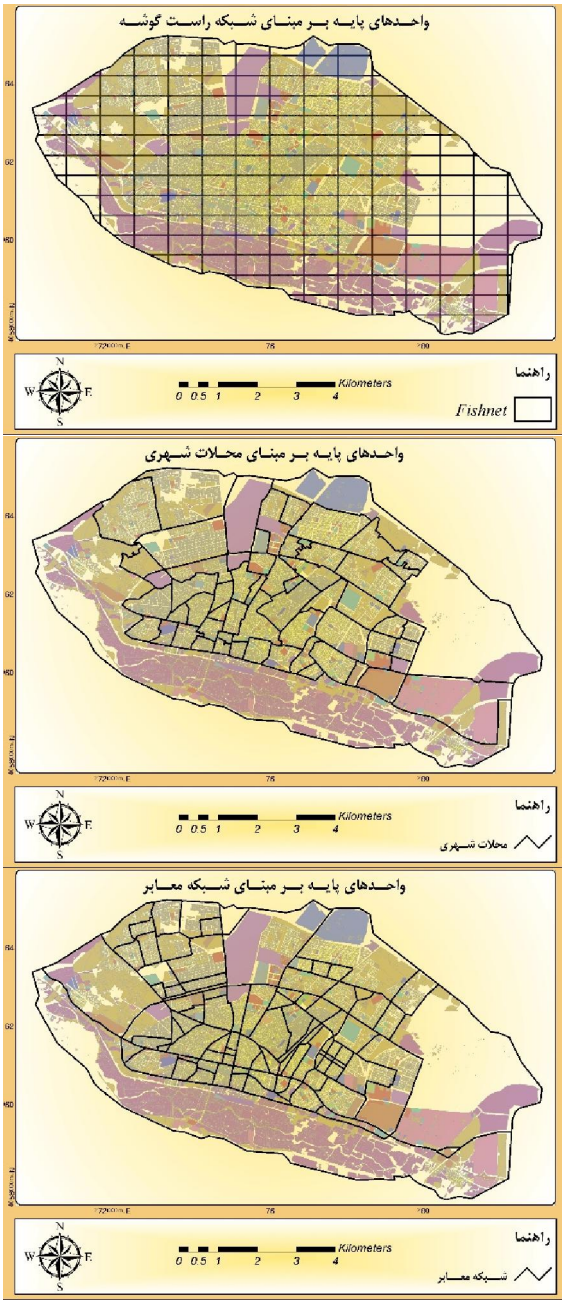
1. Martin

پایه انتخاب شد. این واحدها شامل محلات شهر زنجان، الگوهای راست گوشه‌ای (Fishnet) و واحدهای حاصل از شبکه معابر می‌باشد که شاخص‌های محاسبه شده در بلوک‌های آماری در قالب این واحدها ترکیب شد. نقشه (۱) بیانگر واحدهای پایه انتخابی می‌باشد.

جدول ۱: شاخص‌های محاسبه شده برای بلوک‌های آماری و سه سطح پایه مطالعاتی

ردیف	شاخص	مقدار شاخص	ردیف	شاخص	مقدار شاخص
۱	نسبت زنان	۰/۵۰	۱۱	درصد اشتغال خالص	۳۸/۰۷
۲	نسبت مردان	۰/۵۰	۱۲	درصد اشتغال زنان	۶/۷۴
۳	نسبت جنسی	۱۰۶/۲۷	۱۳	درصد اشتغال مردان	۳۱/۳۳
۴	جمعیت فعال بالقوه	۷۸/۸۱	۱۴	بارجمعیتی	۱/۲۴
۵	شاخص پیری	۶/۶۱	۱۵	بعد خانوار	۳/۷۱
۶	شاخص جوانی	۱۴/۰۹	۱۶	ضریب محصلین	۲۲۶/۰۹
۷	درصد باسوادی	۶۵/۵۰	۱۷	ضریب زنان خانه دار	۱۱۹/۳۱
۸	بارتکفل	۰/۲۴	۱۸	درصد بیکاری مردان	۹/۲۷
۹	شاخص بی سوادی	۱۵/۲۹	۱۹	درصد بیکاری زنان	۹/۱۸
۱۰	درصد بیکاری	۱۸/۴۶	۲۰	ضریب وابستگی خالص	۰/۶۵

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶



نقشه۱: واحدهای پایه مطالعاتی برای ارزیابی تأثیر MUAP بر شاخص‌های دموگرافیک.
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶

واحد پایه شبکه راست گوشه از تقسیم سطح شهر به اشکال راست گوشه‌ای با ابعاد معین حاصل شد و واحد شبکه معابر با استفاده از محاط نمودن واحدهای مسکونی با معابر اصلی (به جز دسترسی‌ها) و واحد پایه محلات شهری نیز در واقع همان تقسیم‌بندی اداری شهر (محله‌بندی‌ها) می‌باشد.

جدول (۲) شامل مشخصات هرکدام از واحدهای فضایی پس از ترکیب داده‌های اولیه در آن‌ها می‌باشد. که این مشخصات عبارتند از: تعداد واحدهای پایه که برابر تعداد چند ضلعی‌های موجود در آن سطح مطالعاتی می‌باشد، میانگین جمعیتی از تقسیم جمعیت شهر بر تعداد واحدهای پایه در هرسطح به دست می‌آید، تعداد همبستگی شاخص‌ها در هر سطح پایه با شرط اینکه دارای مقدار P-value کمتر از ۰/۰۵ باشند.

جدول ۲: مشخصات واحدهای پایه مطالعاتی

واحدهای پایه	تعداد واحد پایه	میانگین جمعیت	همبستگی-های معنی-دار از نظر آماری	همبستگی-های معکوس	همبستگی-های مستقیم
بلوک‌های آماری (A)	۳۳۵۱	۹۹	۳۱۶	۱۸۲	۱۵۶
واحدهای پایه برمبنای شبکه معابر (B)	۷۳	۳۶۵۵	۲۶۰	۱۴۴	۱۳۸
واحدهای پایه برمبنای شبکه راست گوشه (C)	۸۲	۷۰	۲۲۸	۱۲۲	۱۲۸
واحدهای پایه برمبنای محلات شهری (D)	۶۰	۵۳۱۲	۲۲۲	۱۱۴	۱۳۰

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶

پس از خروجی گرفتن از داده‌های ترکیبی، این داده‌ها در نرم‌افزار آماری SPSS وارد شد و میانگین و انحراف معیار شاخص‌ها و ضریب تغییرات در هر کدام از سطوح پایه محاسبه شد. در مرحله‌ی بعد بین شاخص‌ها همبستگی پیرسون برقرار گردید و همبستگی‌های معنی‌دار از نظر آماری (P value<0.05) استخراج گردید (جدول ۱).

نهایتاً سه راهکار عمده برای ارزیابی تأثیر MAUP (مسئله مقیاس و ناحیه‌بندی) مورد استفاده قرار گرفت. روش اول شامل مقایسه تطبیقی میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات ۲۰ شاخص ذکر شده در قالب سه واحد پایه فضایی نسبت به داده‌های اولیه (بلوک‌های آماری) می‌باشد. نتایج این روش گویای میزان انحراف داده‌ها حاصل اثر هر دو

مسئله مقیاس و ناحیه‌بندی در هر سطح پایه می‌باشد. در روش دوم میزان اختلاف همبستگی شاخص‌ها در سه سطح پایه (B,C,D) از بلوک‌های آماری(A) در صورتی که از لحاظ آماری معنی‌دار باشد محاسبه می‌شود که بیانگر انحراف حاصل از MAUP می‌باشد. رابطه (۱)

رابطه ۱

$$Diff_{ij}(AB) = r_{ij}(A) - r_{ij}(B)$$
$$Diff_{ij}(AC) = r_{ij}(A) - r_{ij}(C)$$
$$Diff_{ij}(AD) = r_{ij}(A) - r_{ij}(D)$$

با مقدار $Diff_{ij}$ می‌توان به طور مستقیم میزان MAUP را اندازه‌گیری نمود و مقدار آن بین ۲ تا ۲- متفاوت می‌باشد. اگر مقدار $Diff_{ij}$ برابر صفر باشد MAUP بی‌تأثیر می‌باشد. در جهت آزمون معنی‌داری $Diff_{ij}$ از توزیع فیشر Z که برابر ۰/۵ لگاریتم توزیع F (فیشر) می‌باشد استفاده شد. این آزمون دارای دو مرحله می‌باشد. در مرحله اول با استفاده از توزیع مذکور مقادیر همبستگی شاخص‌ها در سه واحد پایه استانداردسازی شد. رابطه (۲)

رابطه ۲

$$Z_{ijk} = 0.5 + \ln(\frac{1 - r_{ijk}}{1 + r_{ijk}})$$

$\ln(x)$ برابر لگاریتم طبیعی x و r_{ijk} برابر همبستگی شاخص‌های i و j در واحد پایه k می‌باشد. مقدار Z_{ijk} را می‌توان برای همبستگی تمامی شاخص‌ها در سه سطح پایه محاسبه نمود. در مرحله دوم آزمون معنی‌داری انجام می‌شود که در آن مقادیر Z مورد مقایسه قرار می‌گیرد. مقدار همبستگی دو شاخص در سطح پایه k , r_{ijk}، از مقدار همبستگی همان دو شاخص در سطح پایه h , r_{ijh}، در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد متفاوت می‌باشد رابطه (۳)، اگر:

رابطه ۳

$$(Z_{ijk} - Z_{ijh}) \geq 1.96 \times (SQRT(\left(\frac{1}{m_k - 3}\right) + \left(\frac{1}{m_h} - 3\right))$$

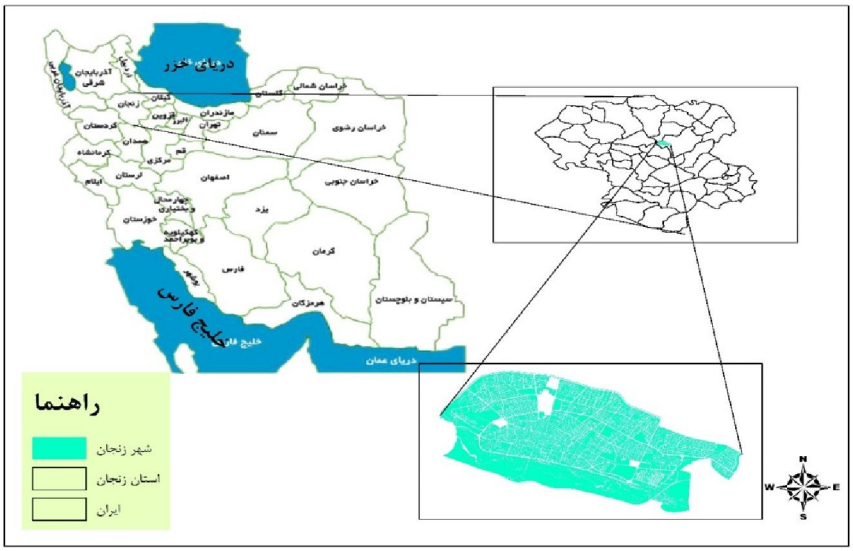
مقدار m_k برابر تعداد واحدها در سطح پایه k و m_h برابر تعداد واحدها در سطح پایه h می‌باشد. اگر سمت چپ این نابرابری کوچکتر از سمت راست آن باشد اختلاف همبستگی شاخص‌ها در دو سطح پایه از لحاظ آماری معنی‌دار نیست و در نتیجه تأثیر MAUP بسیار اندک است (فلوردو[1]، ۲۰۱۱).

[1] Florado

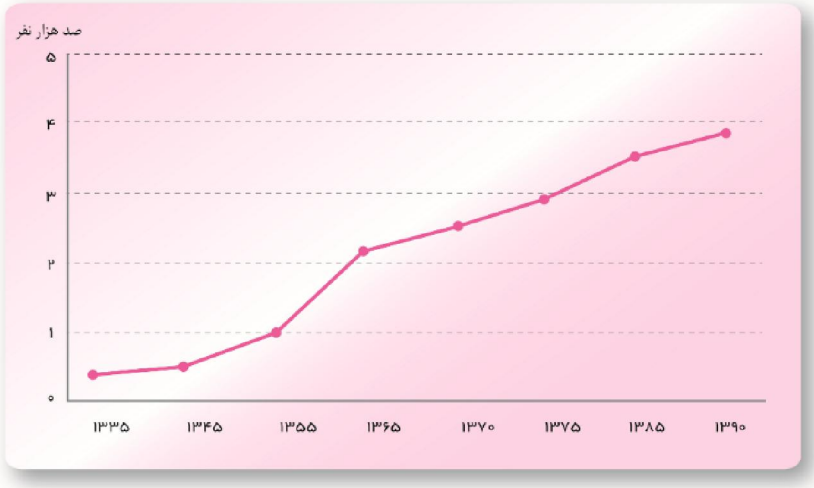
روش دیگر برقراری همبستگی بین همبستگی‌ها در یک سطح پایه (بلوک‌های آماری) با همبستگی‌های سطوح دیگر (سطوح پایه بر مبنای شبکه معابر) می‌باشد. هر چه میزان همبستگی کمتر باشد نشان‌دهنده تأثیر بیشتر پدیده مقیاس می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه

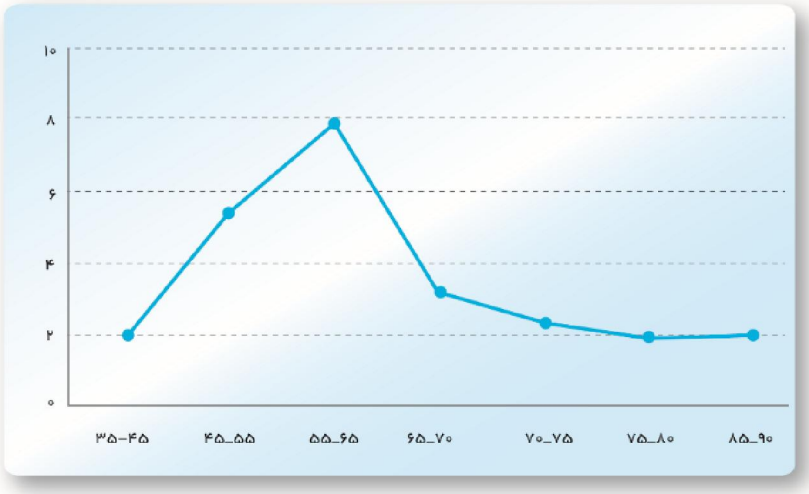
شهر زنجان در موقعیت جغرافیایی منطبق بر ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و در بین مجموعه‌ای از ارتفاعات، از طرف شمال، شمال شرق، جنوب و جنوب غرب قرار گرفته است (نقشه ۲) (پورمحمدی و جمالی و اصغری زمانی، ۱۳۸۷). جمعیت این شهر طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ همواره در حال افزایش بوده است. جمعیت شهر در طی این دوره هشت برابر افزایش یافته است. با این حال ملاحظه می‌شود که شتاب افزایش جمعیت شهر در سه دهه این دوره زمانی متفاوت بود اندازه آن در دهه‌ی اخیر کمتر و در دهه ۶۵-۱۳۵۵ بیشتر از دهه‌های دیگر و محسوس‌تر است. نمودارهای (۱) و (۲) گویای جمعیت شهر زنجان و نرخ رشد می‌باشد. شاخص‌های انتخابی به شرح جدول (۳) می‌باشند.



نقشه ۲: محدوده مورد مطالعه. منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۶



نمودار ۱: تعداد جمعیت شهر زنجان در طی سالهای ۹۰-۱۳۳۵ به نفر
منبع: مرکزآمار ایران، ۱۳۹۰



نمودار ۲: نرخ رشد سالانه جمعیت شهر زنجان طی سالهای به درصد (۹۰-۱۳۳۵)
منبع: مرکزآمار ایران، ۱۳۹۰

یافته‌ها

با توجه به جدول (۳) مقایسه میانگین و انحراف معیار و ضریب تغییرات (CV) اکثر شاخص‌ها گویای تغییرات اندک در مقایسه با مقدار آن در بلوک‌های آماری است. اما برخی شاخص‌ها مانند ضریب محصلین از مقدار ۲۲۶ به ۳۰۶ در سطح واحدهای راست

گوشه رسیده که گویای کاهش بسیار زیاد نوسانات داده‌ها حول میانگین می‌باشد و مقدار آن در محلات شهری به ۱۹۸ رسیده که این کاهش شاید به دلیل شکل چند ضلعی‌های محلات شهری است که تأثیر پراکنشی بر این شاخص داشته است و ضریب محصلین در سطح پایه شبکه معابر افزایش اندکی داشته است. شاخص دیگری که در هر سه سطح نسبت به بلوک‌های آماری تقریباً به یک اندازه افزایش داشته درصد باسوادی است. این شاخص در هر سه سطح از ثبات بیشتری برخوردار بوده و به ترتیب ۱۹٪، ۱۸٪ و ۱۷٪ افزایش داشته و انحراف معیار آن نیز در هر سطح کاهش قابل توجهی نشان می‌دهد که گویای تأثیر یکسان MAUP در هر سه سطح می‌باشد. سه شاخص دیگر که نسبت به MAUP حساسیت نشان می‌دهند شامل ضریب زنان خانه‌دار، درصد بی‌سوادی و نسبت جنسی می‌باشند و سایر شاخص‌ها تغییرات نسبتاً محسوسی ندارند. در این سطح از مقایسه تطبیقی می‌توان گفت که بیشترین انحراف حاصل از MAUP در ضریب محصلین در سطح پایه راست گوشه رخ داده است.

جدول ۳: میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات شاخص‌ها برای بلوکه‌های آماری و سه سطح پایه مطالعاتی

واحد پایه فضایی	بلوک‌های آماری			واحدهای پایه بر مبنای شبکه معابر			واحدهای پایه بر مبنای شبکه راست گوشه			واحدهای پایه بر مبنای محلات شهری		
شاخص	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
نسبت زنان	۰/۵۰	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۵۰	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۴۹	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۵۰	۰/۰۳	۰/۰۷
نسبت مردان	۰/۵۰	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۵۰	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۵۱	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۵۰	۰/۰۳	۰/۰۷
نسبت جنسی	۱۰۶/۲۷	۹۷/۵۸	۰/۹۲	۱۱۳/۳۶	۱۱۹/۹۶	۱/۰۶	۱۰۵/۵۱	۲۸/۹۴	۰/۲۷	۱۰۱/۸۸	۱۶/۱۱	۰/۱۶
جمعیت فعال بالقوه	۷۸/۸۱	۱۴/۲۸	۰/۱۸	۷۸/۲۱	۱۰/۴۶	۰/۱۳	۷۹/۶۸	۳/۸۸	۰/۰۵	۷۸/۹۳	۶/۰۸	۰/۰۸
شاخص پیری	۶/۶۱	۱۴/۱۳	۲/۱۴	۶/۴۹	۴/۲۱	۰/۶۵	۴/۷۸	۳/۱۰	۰/۶۵	۵/۶۳	۳/۰۷	۰/۵۵
شاخص جوانی	۱۴/۰۹	۵/۴۳	۰/۳۹	۱۳/۰۶	۳/۰۳	۰/۲۳	۱۴/۲۴	۳/۱۹	۰/۲۲	۱۴/۲۶	۲/۴۸	۰/۱۷
نسبت باسوادی	۶۵/۵۰	۳۰/۹۹	۰/۴۷	۸۴/۹۴	۵/۹۶	۰/۰۷	۸۴/۴۰	۵/۸۵	۰/۰۷	۸۲/۹۵	۴/۹۹	۰/۰۶
بارتکفل	۰/۲۴	۰/۰۹	۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۱۹

شاخص بی سوادی	۱۵/۲۹	۱۰/۱۱	۰/۶۶	۱۸/۲۳	۶/۴۵	۰/۳۵	۱۹/۱۹	۶/۱۳	۰/۳۲	۲۰.۶۱	۵.۲۷	۰.۲۶
درصد بیکاری	۱۸/۴۶	۱۴/۷۸	۰/۸۰	۱۹/۲۶	۸/۸۲	۰/۴۶	۱۹/۳۵	۹/۱۷	۰/۴۷	۱۸/۳۱	۶/۹۷	۰/۳۸
درصد اشتغال خالص	۳۸/۰۷	۸/۴۱	۰/۲۲	۳۸/۴۳	۶/۱۴	۰/۱۶	۳۸/۵۸	۵/۰۷	۰/۱۳	۳۸/۰۴	۴/۹۴	۰/۱۳
درصد اشتغال زنان	۶/۷۴	۴/۷۹	۰/۷۱	۷/۲۷	۳/۲۰	۰/۴۴	۷/۰۶	۳/۱۷	۰/۴۵	۶/۶۹	۲/۷۵	۰/۴۱
درصد اشتغال مردان	۳۱/۳۳	۶/۴۵	۰/۲۱	۳۱/۱۶	۴/۶۴	۰/۱۵	۳۱/۵۱	۳/۱۵	۰/۱۰	۳۱/۳۶	۲/۹۷	۰/۰۹
بارجمعیتی	۱/۲۴	۰/۰۹	۰/۰۸	۱/۲۷	۰/۱۴	۰/۱۱	۱/۲۶	۰/۰۰۶	۰/۰۵	۱/۲۸	۰/۱۷	۰/۱۴
بعد خانوار	۳/۷۱	۷/۱۸	۱/۹۳	۳/۸۵	۲/۱۲	۰/۵۵	۳/۷۶	۰/۹۲	۰/۲۴	۳/۷۶	۰/۷۸	۰/۲۱
ضریب محصلین	۲۲۶/۰۹	۲۶۳/۶۸	۱/۱۷	۲۲۸/۶۲	۱۹۸/۶۵	۰/۸۷	۳۰۲/۹۱	۹۸۱/۰۰	۳/۲۴	۱۹۸/۲۶	۴۲/۱۸	۰/۲۱
ضریب زنان خانه دار	۱۱۹/۳۱	۵۸/۱۷	۰/۴۹	۱۱۶/۲۷	۱۹/۷۹	۰/۱۷	۱۳۱/۶۳	۱۸۲/۲۳	۱/۳۹	۱۰۷.۹۵	۱۳/۶۸	۰/۱۳
درصد بیکاری مردان	۹/۲۷	۷/۸۶	۰/۸۵	۹/۸۵	۵/۳۷	۰/۵۵	۹/۹۲	۵/۵۴	۰/۵۶	۹/۲۸	۴/۰۹	۰/۴۴
درصد بیکاری زنان	۹/۱۸	۷/۷۶	۰/۸۵	۹/۴۱	۴/۲۵	۰/۴۵	۹/۴۲	۴/۰۸	۰/۴۳	۹/۰۳	۳/۱۱	۰/۳۴
ضریب وابستگی خالص	۰/۶۵	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۶۳	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۶۲	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۶۶	۰/۱۰	۰/۱۵

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶

در جهت درک بیشتر تأثیر MAUP می‌توان با استفاده از ضریب تغییرات (CV) میزان تأثیر هر کدام از انواع ترکیب‌های داده‌ای را در شاخص‌ها دریافت. ضریب تغییرات تمامی شاخص‌ها در چهار سطح پایه محاسبه شد که نتایج آن در نمودار (۳) ارائه گردیده است.

نمودار ۳: ضریب تغییرات(CV) شاخص‌ها برای بلوک‌های آماری و سه سطح پایه مطالعاتی.
منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶

شکل (۶) گویای بصری بسیار واضح کاهش نوسانات داده‌های ترکیب شده در قالب واحد پایه محلات شهری است. میانگین ضریب تغییرات در سطح بلوک‌های آماری ۰/۶۵، در واحد پایه شبکه معابر ۰/۳۵، در واحدهای پایه شبکه راست گوشه ۰/۴۶ و در واحد پایه محلات شهری برابر ۰/۲۱ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهد MAUP کمترین انحراف را بر واحدهای پایه شبکه راست گوشه و بیشترین انحراف را بر واحدهای پایه محلات شهری اعمال نموده است.

در جهت تحلیل تأثیر MAUP بر همبستگی بین شاخص‌ها روابط همبستگی بین ۲۰ شاخص موجود برقرار شد. از بین روابط همبستگی برقرار شده در تمامی سطوح، همبستگی‌هایی که در هر چهار سطح پایه معنی‌دار بود انتخاب گردید که تعداد آن ۱۴۷ می‌باشد. حاصل کسر همبستگی دو شاخص در هر کدام از سه سطح پایه نسبت به بلوک‌های آماری ۱۴۷ عدد می‌باشد که نشان‌دهندهٔ میزان افزایش همبستگی‌ها می‌باشند. جدول (۴) بیانگر شاخص‌هایی است که همبستگی آن‌ها بیشترین افزایش را داشته است.

جدول ۴: حداکثرهای همبستگی شاخص‌ها

همبستگی شاخص‌ها	بلوکه‌ای آماری	واحدهای پایه بر مبنای شبکه معابر	واحدهای پایه بر مبنای شبکه راست گوشه	واحدهای پایه بر مبنای محلات شهری	بیشترین افزایش همبستگی
نسبت زنان - جمعیت فعال بالقوه	-۰/۰۴۶	-۰/۲۹۱	-۰/۲۹۴	-۰/۵۰۶	۰/۴۶
نسبت مردان - بعد خانوار	-۰/۱۴۱	۰/۸۶۴	۰/۷۱۷	۰/۴۱۸	۱/۰۰۵
نسبت جنسی - بعد خانوار	۰/۰۳۹	۰/۹۷۸	۰/۷۰۸	۰/۵۲۸	۰/۹۳۹
جمعیت فعال بالقوه - درصد اشتغال مردان	-۰/۳۰۷	-۰/۷۸۷	-۰/۴۳۸	-۰/۷۰۸	۰/۴۸
شاخص پیری - ضریب وابستگی خالص	۰/۲۰۴	۰/۶۱۷	۰/۴۸۲	۰/۴۳۶	۰/۴۱۳
شاخص جوانی - ضریب محصلین	-۰/۳۴۵	-۰/۴۹۹	-۰/۳۲۷	-۰/۶۰۵	۰/۲۶
نسبت باسوادی - ضریب وابستگی خالص	-۰/۱۸۴	-۰/۶۱	-۰/۸	-۰/۶۷۹	۰/۶۱۶
بارتکفل - درصد اشتغال مردان	۰/۳۰۱	۰/۷۲۱	۰/۳۵۳	۰/۶۶۹	۰/۴۲
شاخص بی سوادی - درصد اشتغال زنان	-۰/۱۸۳	-۰/۵۹۸	-۰/۶۹۲	-۰/۵۹۱	۰/۵۰۹
درصد بیکاری - نسبت جنسی	۰/۱۰۳	۰/۲۷۷	۰/۲۹	۰/۴۳۷	۰/۳۳۴
درصد اشتغال خالص - بارجمعیتی	۰/۲۴۶	۰/۶۷۹	۰/۲۶۷	۰/۶۹۳	۰/۴۴۷
درصد اشتغال زنان - شاخص بی-سوادی	-۰/۱۸۳	-۰/۵۹۸	-۰/۶۹۲	-۰/۵۹۱	۰/۵۰۹
درصد اشتغال مردان - جمعیت فعال بالقوه	-۰/۳۰۷	-۰/۷۸۷	-۰/۴۳۸	-۰/۷۰۸	۰/۴۸
بارجمعیتی - نسبت زنان	۰/۰۴۶	۰/۲۸۵	۰/۲۹۵	۰/۵۵۲	۰/۵۰۶
بعد خانوار - ضریب وابستگی خالص	-۰/۰۷	-۰/۲۱۸	۰/۲۳۸	۰/۴۵۲	۰/۵۲۲
ضریب محصلین - ضریب زنان خانه دار	۰/۴۲	۰/۲۲۲	۰/۹۹۴	۰/۵۹۸	۰/۵۷۴
ضریب زنان خانه‌دار - ضریب محصلین	۰/۴۲	۰/۲۲	۰/۹۹۴	۰/۵۹۸	۰/۵۷۴
درصد بیکاری مردان - بعد خانوار	۰/۰۶۷	۰/۶	۰/۵۸۸	۰/۴۹۲	۰/۵۳۳
درصد بیکاری زنان - شاخص پیری	-۰/۲۴۹	-۰/۳۱۴	-۰/۳۶۵	-۰/۵۱۱	۰/۲۶۲
ضریب وابستگی خالص - نسبت باسوادی	-۰/۱۸۴	-۰/۶۱	-۰/۸	-۰/۶۷۹	۰/۶۱۶

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶

همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌گردد تقریباً در تمامی موارد با ترکیب داده‌های اولیه در واحدهای بزرگتر همبستگی شاخص‌ها افزایش یافته است. نتایج انجام آزمون معنی‌داری کسر همبستگی‌ها ($Diff_{ij}$ (A,B)) نشان داد که در سطح پایه شبکه معابر، شبکه راست گوشه و محلات به ترتیب ۳۸ درصد، ۳۹ درصد و ۴۳ درصد موارد معنی‌دار بوده است. می‌توان اظهار داشت که سطح پایه محلات بیشتر از سایر واحدها تحت تأثیر MAUP قرار گرفته است.

با مقایسه روابط همبستگی شاخص‌ها در سطح پایه شبکه معابر با بلوک‌های آماری در ۱۱۹ مورد شاهد افزایش همبستگی‌ها بودیم که این تعداد برای شبکه راست گوشه برابر ۱۱۰ و برای واحد پایه محلات برابر ۱۲۷ بود. مقایسه سه رقم ذکر شده نشان‌دهنده این است که شکل پولیگون واحد پایه محلات شهری بیشترین انحراف را در داده‌ها ایجاد نموده و نوسان داده‌ها را بسیار کاهش داده است. در حالی که پولیگون‌های مربعی کمترین تأثیر را در داده‌های اولیه گذارده‌اند. علاوه بر این حداکثر افزایش همبستگی دو شاخص در بین سه سطح پایه تعیین شد و مجموع تعداد این حداکثرها برای هر کدام از سطوح پایه محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد حداکثرها در سطح پایه محلات شهری و کمترین آن در سطح پایه شبکه راست گوشه می‌باشد که تأییدکننده نتیجه‌گیری ذکر شده می‌باشد.

نتایج روش سوم برای کاوش اثر مقیاس نشان‌دهنده رابطه بسیار قوی هر سه سطح پایه با بلوک‌های آماری است. بیشترین مقدار همبستگی برابر ۰/۷۹۱۸ که بین واحد پایه محلات و بلوک‌های آماری وجود داشت و این مقدار برای شبکه معابر و بلوک‌های آماری ۰/۷۶۵۳و شبکه راست گوشه و بلوک‌های آماری برابر ۰/۷۸۵۸ می‌باشد. اگرچه تفاوت مقادیر ذکر شده اندک می‌باشد ولی نتایج بیانگر این نکته می‌باشد که مسئله مقیاس بیشترین تأثیر را بر سطح پایه شبکه معابر و کمترین تأثیر را بر سطح پایه محلات شهری داشته است. در واقع روند داده‌های اولیه در سطح پایه محلات کمتر تغییر یافته است.

نتیجه‌گیری

در هر گونه از تحلیل داده‌های جغرافیایی تعریف واحد پایه مطالعاتی تأثیر مسقیم بر نتایج خواهد داشت. استفاده از داده‌های بلوک‌های آماری این امکان را فراهم ساخت تا بتوان مسئله MAUP را از ابعاد گوناگون مورد بررسی قرار داد. در تحلیل میانگین شاخص‌ها می‌توان گفت اکثر شاخص‌ها تغییرات کمی را نسبت به بلوک‌های آماری نشان

می‌دهند ولی در انحراف معیار آن‌ها تغییرات قابل توجهی مشاهده می‌گردد. این تغییرات به وضوح در ضریب تغییرات نمایان است. بنابراین می‌توان گفت شاخص‌های مرکزی داده‌های تغییراتی نداشته و در واقع پراکنش داده‌هاست که کاهش یافته است. در بین سه الگوی ارائه شده سطح پایه شبکه راست گوشه کمتر از سایر واحدهای پایه واریانس داده‌های اولیه را کاهش داده و همبستگی‌ها کمتر تقویت شده‌اند. علاوه بر این حداقل تعداد همبستگی‌های تقویت شده و کمترین تعداد ماکزیمم‌های $Diff_{ij}(A,B)$ در این سطح قرار دارد. همبستگی این الگو با بلوک‌های آماری تنها یک درصد بیشتر از همبستگی الگوی شبکه معابر با بلوک‌های آماری می‌باشد. تفاوت این دو سطح نیز از لحاظ تعداد $Diff_{ij}(A,B)$ معنی‌دار نیز تنها ۱ درصد می‌باشد. این در حالی است که روند داده‌ها در واحد پایه محلات شهری دارای همبستگی بالا با بلوک‌های آماری است ولی بیشتر از سایر الگوها واریانس داده‌ها را کاهش داده و همبستگی شاخص‌ها در این سطح بیش از سایر سطوح تقویت شده است. با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل‌های مختلف آماری می‌توان گفت که در اکثر مقایسه-های تطبیقی سطوح پایه تعریف شده بر مبنای شاخص‌های جمعیتی، واحد پایه شبکه راست گوشه کمتر تحت تأثیر MAUP قرار گرفته و برای مطالعه شاخص‌های جمعیتی مطلوبیت مناسب را داراست و می‌توان به نتایج مطالعات در این سطح اعتماد نسبی داشت.

در این پژوهش تنها سه واحد پایه با شاخص‌های جمعیتی مورد مقایسه قرار گرفت و نمی‌توان به طور قطع به نتایج آن تکیه نمود و جا دارد که مطالعات بیشتری در این زمینه با تنوع بخشی به تعداد واحدهای پایه و بهره‌برداری از شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی و کالبدی و... نتایج بهتری را به دست آورد. علاوه بر این پیشنهاد می‌گردد که تأثیر مسئله MAUP بر چولگی و کشیدگی و همبستگی‌ها و رگرسیون‌های چند متغیره نیز انجام شود. رویکرد دیگر را می‌توان در بررسی تأثیر MAUP بر شاخص‌های آمار فضایی مانند میانگین فضایی، مقدار و جهت همبستگی‌های فضایی و رگرسیون جغرافیایی (GWR) نیز بررسی نمود.

در کاربرد نتایج این پژوهش می‌توان به پژوهش محمدپور و همکاران، ۱۳۹۵، برای منطقه‌بندی کلان شهر تهران اشاره کرد که به بررسی سازمان‌دهی فضایی تقسیمات شهری کلان شهر تهران مبتی بر الگوریتم REDCAP اشاره کرد که منطقه‌بندی جدید را بسیار همگون‌تر و نظام‌تر از ناحیه‌بندی موجود شهر دانسته‌اند.

منابع و مآخذ:

۱. انصاری، م.، شریعت‌پناهی، م.، ملک حسینی، ع.، مدیری، م. ۱۳۹۷. تحلیل الگوی گسترش شهری در شهرهای میانه‌اندام با استفاده از مدل‌های کمی (مطالعه موردی: شهر ملایر). آمایش محیط، ۱۱(۴۳): ۱۴۷-۱۸۲.

۲. پورمحمدی، م.، جمالی، ف.، اصغری زمانی، ا. ۱۳۸۷. ارزیابی گسترش فضایی-کالبدی شهر زنجان باتأکید برتغییر کاربری زمین طی دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۵. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۴۰(۶۳): ۴۶-۲۹.

۳. حبیبی ک.، پوراحمد، ا.، مشکینی، ا. ۱۳۸۷. از زنگان تا زنجان سیری بر تحولات کالبدی-فضایی بافت کهن شهر. انتشارات دانشگاه زنجان.

۴. سجادی، ژ.، اسکندپور، م.، رستمی، ه. ۱۳۹۴. تحلیل تغییرات شبکه شهری استان همدان در یک دوره ۵۰ ساله (۱۳۸۵-۱۳۳۵). فصلنامه آمایش محیط، ۸(۳۰): ۳۸-۱۹.

۵. شیعه، ا. ۱۳۹۰. با شهر و منطقه در ایران. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۶. مرکز آمار ایران. نتایج تفصیلی سرشماریهای عمومی نفوس و مسکن سالهای ۱۳۹۰-۱۳۳۵. شهرستان زنجان.

7. Butkiewicz, T., Meentemeyer, R. K., Shoemaker, D. A., Chang, R., Wartell, Z., Ribarsky, W. 2010. Alleviating the Modifiable Areal Unit Problem within Probe-Based Geospatial Analyses. Computer Graphics Forum, 29(3): 923-932.
8. Flowerdew, M., Green, R. 1996. New evidence on the modifiable areal unit problem. In P. Longley (Ed.). Spatial analysis : modelling in a GIS environment Cambridge: GeoInformation Internat.
9. Flowerdew, R. 2011. How serious is the Modifiable Areal Unit Problem for analysis of English census data?. Popul Trends, 145(1): 106-118.
10. Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., Charlton, M. 2003. Geographically Weighted Regression the Analysis of Spatially Varying Relationships. from
11. http://public.eblib.com/EBLPublic/PublicView.do?ptiID=141619userid=^u
12. Fotheringham, A. S., Wong, D. W. S. 1991. The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis. Environment and

Planning A, 23(7): 1025-1044.
13. Gehlke, C. E., Biehl, Katherine. 1934. Certain effects of grouping upon the size of the correlation coefficient in census tract material. Journal of the American Statistical Association, 29(185): 169-170.
14. Goodchild, M. F. 1979. The Aggregation Problem in Location-Allocation. Geographical Analysis, 11(3): 240-255.
15. Goodchild, M. F. 2011. Scale in GIS: An overview. Geomorphology, 130(1–2): 5-9.
16. Guo, J. Y., Bhat, C. R. 2004. Modifiable areal units: problem or perception in modeling of residential location choice?. Transportation Research Record, 1898(1): 138-147.
17. Haining, R. 2012. Ecological Analysis of Urban Offence and Offender Data. In V. Ceccato (Ed.), The Urban Fabric of Crime and Fear, 141-163.
18. He, Z., Zhao, W., Chang, X. 2007. The modifiable areal unit problem of spatial heterogeneity of plant community in the transitional zone between oasis and desert using semivariance analysis. Landscape Ecology, 22(1): 95-104.
19. Hui, C. 2009. A Bayesian Solution to the Modifiable Areal Unit Problem. In A.-E. Hassanien, A. Abraham & F. Herrera (Eds.), Foundations of Computational Intelligence Volume 2 (Vol. 202, pp. 175-196): Springer Berlin Heidelberg.
20. Jelinski, D.E, Wu, J. 1996. The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology. Landscape Ecology, 11(3): 129-140.
21. Lechner, A. M., Langford, W. T., Jones, S. D., Bekessy, S. A., Gordon, A. 2012. Investigating species–environment relationships at multiple scales: Differentiating between intrinsic scale and the modifiable areal unit problem. Ecological Complexity, 11: 91-102.
22. Lembo Jr, A.J., Lew, M.Young., Laba, M., Baveye, P. 2006. Use of spatial SQL to assess the practical significance of the Modifiable Areal Unit Problem. Computers & Geosciences, 32(2): 270-274.
23. Martin, D. 2003. Extending the automated zoning procedure to reconcile incompatible zoning systems. International Journal of Geographic Information Science, 17(2): 181-196.
24. Mitra, R., Buliung, R. N. 2012. Built environment correlates of

active school transportation: neighborhood and the modifiable areal unit problem. Journal of Transport Geography, 20(1): 51-61.
25. Openshaw, S. 1977. Optimal zoning systems for spatial interaction models. Environment and Planning A, 9(2): 169-184.
26. Openshaw, S. 1984. THE MODIFIABLE AREAL UNIT PROBLEM (Vol. 38). CATMOG: GeoBooks.
27. O'Sullivan, D., Unwin, D. 2003. Geographic information analysis. Hoboken, NJ: Wiley.
28. Páez, A., Scott, D. 2005. Spatial statistics for urban analysis: A review of techniques with examples. GeoJournal, 61(1): 53-67.
29. Schuurman, N., Bell, N., Dunn, J. R., Oliver, L. 2007. Deprivation indices, population health and geography: an evaluation of the spatial effectiveness of indices at multiple scales. Journal of urban health, 84(4): 591-603.
30. Secco, G., Zulian, G. 2008. Modeling the Social Benefits of Urban Parks for Users. In M. Carreiro, Y.-C. Song & J. Wu (Eds.), Ecology, Planning, and Management of Urban Forests (pp. 312-335): Springer New York.
31. Swift, A., Liu, L., Uber, J. 2008. Reducing MAUP bias of correlation statistics between water quality and GI illness. Computers, Environment and Urban Systems, 32(2): 134-148.
32. Tranmer, M., Steel, D. G. 1998. Using census data to investigate the causes of the ecological fallacy. Environment & planning A, 30(5): 817-831.
33. Tu, J. 2010. Exploring the Spatially Varying Impact of Urbanization on Water Quality in Eastern Massachusetts Using Geographically Weighted Regression. In N. Hoalst-Pullen & M. W. Patterson (Eds.). Geospatial Technologies in Environmental Management (Vol. 3, pp. 143-162): Springer Netherlands.
34. Wheeler, D., Páez, A. 2010. Geographically Weighted Regression. In M. M. Fischer & A. Getis (Eds.). Handbook of Applied Spatial Analysis (pp. 461-486): Springer Berlin Heidelberg.
35. Zandbergen, P. A., Chakraborty, J. 2006. Improving environmental exposure analysis using cumulative distribution functions and individual geocoding. Int J Health Geogr, 5, 23.