



نسخ از دور

GIS ایران



سال دوم، شماره یکم، بهار ۱۳۸۹
Vol.2, No.1, Spring 2010

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

۹۹-۱۱۴

بررسی کارایی آمارهای فضایی در تحلیل تراکم شهری

علی سلطانی^{۱*}، یوسف اسمعیلی ایوکی^۲، علیرضا احمدیان^۳

۱. استادیار بخش شهرسازی، دانشگاه شیراز

۲ و ۳. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه شیراز

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۴/۱۴

چکیده

تحلیل تراکم شهری، راهی مفید برای مطالعه و شناخت نظام توزیع جمعیت و فعالیت است. برای جمعیت ساکن در شهر، تأمین خدمات زیربنایی در صورتی از نظر اقتصادی دارای توجیه کافی و کارایی لازم خواهد بود که آستانه تراکم شهری شناسایی شود. از طرفی دیگر، برنامه‌ریزان شهری می‌توانند با بررسی بازتاب‌های ناشی از سناریوهای مختلف توسعه، ساختار تراکم شهر را به گونه‌ای رقم بزنند که تأثیرات منفی توسعه به حداقل برسد. این موضوع، به‌خصوص در کلان‌شهرهای کشور ما که رشد شتابان و عمدتاً بدون برنامه دارند اهمیت بیشتری می‌یابد. در این مقاله سعی شده است تا رابطه میان تراکم شهری و برخی از متغیرهای اجتماعی - اقتصادی شهر با استفاده از رویکرد آمارهای فضایی در منطقه ۷ کلان‌شهر تهران مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور میزان تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی در محدوده ذکر شده به کمک برخی از متغیرها - مانند قیمت زمین، سطح سواد، مهاجرت یا بومی بودن، و اشتغال - در سطح محلی، و در سطح ۱۲۰۰ بلوک شهری با استفاده از دو روش کلاسیک و آمارهای فضایی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور پی بردن به دقت روش به کار گرفته شده، خروجی آن با خروجی به‌دست آمده از روش کلاسیک به صورت عددی و تصویری مورد مقایسه قرار گرفته است. نتیجه این مقایسه، برتری روش آمارهای فضایی را در مقایسه با روش کلاسیک در تحلیل تراکم شهری نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: پیش‌بینی، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، آمارهای فضایی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: شیراز، گلدشت معالی‌آباد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز. تلفن: ۰۹۱۷۱۱۵۵۱۶۵

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مسئله

تراکم شهری را مستقیماً می‌توان با اندازه شهر، تبیین کرد و تخمین زد. به بیان دیگر، می‌توان از طریق اندازه شهر تراکم آن را تعریف کرد؛ و برعکس، به وسیله تراکم، اندازه شهر را. ساماندهی عملکردهای شهری رابطه‌ای تنگاتنگ با موضوع تراکم شهری دارد. از طریق تعیین میزان تراکم می‌توان به هسته‌هایی شهری دست یافت که در مقیاس خود، دارای کارآمدی و در تسلسل با دیگر هسته‌های شاخص باشند. به‌طور کلی اهداف کنترل تراکم را می‌توان برقراری موازنه منطقی بین میزان فعالیت‌های صورت گرفته به خاطر ساختمان‌ها و فضاهای خارجی اطراف آنها و نیز ایجاد محیط زیستی با کیفیت بهتر دانست. معنای عامیانه تراکم عبارت است از فشردگی، انباشته شدن، تلنبار یا جمع شدن و نظایر اینها. این مقوله بعد از ازدیاد جمعیت در شهرها و به‌ویژه شهرهای بزرگ که با کمبود زمین روبه‌رو شدند، مورد توجه قرار گرفت. در این میان، موضوع تعیین تراکم شهری و پیش‌بینی نمودار تغییرات آن، از اساسی‌ترین موضوعات علم شهرسازی است.

شهر تهران به عنوان بزرگ‌ترین قطب کالبدی و اقتصادی و اجتماعی کشور از دیرباز مورد توجه تحلیلگران و منتقدان شهری بوده است. منطقه ۷ شهرداری تهران به دلیل قرارگیری در بخش مرکزی شهر، از مناطق پرتردد و پرجمعیت شهر به‌شمار می‌آید و با بررسی کنش‌های موجود در سطح این منطقه، می‌توان به چشم‌اندازی از روابط مشابه در مجموعه کلان‌شهر تهران دست یافت. موضوع تراکم شهری از چالش‌ها و مسائل بنیادین مدیریت شهری در شهر تهران است. چگونه می‌توان به آستانه‌ای از تراکم شهری دست یافت که از یک سو آستانه حضورپذیری انسان و فعالیت‌های اقتصادی - اجتماعی را در فضا تضمین کند، و از سوی دیگر دربردارنده پیامدها و بازتاب‌های زیان‌بار کمتری باشد؟ اصولاً شکل‌گیری و رفتار مؤلفه تراکم شهری تهران تابع چه عواملی است؟ برای یافتن

پاسخ پرسش‌های مذکور (و پرسش‌هایی از این دست)، مطالعه در خصوص تراکم شهری ضروری است.

۱-۲- پیشینه تحقیق

تحلیل و پیش‌بینی تراکم شهری، سابقه‌ای طولانی در نوشتارها و پژوهش‌های برنامه‌ریزی شهری دارد. نخستین خاستگاه تحلیل تراکم شهری را می‌توان در نظریات کلاسیک مدل‌سازی شهری جست‌وجو کرد، که ریشه در نظریه ون‌تونن (Von Thunen) دارند. به اعتقاد تونن، توزیع تراکم در شهرهای تک‌مرکزی، از عامل فاصله تا مرکز شهر (CBD) تأثیر می‌پذیرد. بر همین مبنا و براساس نظریه مکان مرکزی کریستالر و قانون رتبه - اندازه زیف، می‌توان به بهینه‌سازی توزیع شبکه شهری و سلسله‌مراتب آن در هر پهنه جغرافیایی پرداخت. بسته به اینکه شهر دارای چه نوع ساختاری باشد، مدل‌های متفاوتی برای توزیع تراکم پیشنهاد شده است. مدل کلارک و همچنین مدل اسمید، نمونه‌هایی از مدل‌های ارائه شده برای شهر تک‌مرکزی و چندمرکزی هستند. بتی و کیم (Batty and Kim, 1992) عقیده دارند که براساس نظریه «تبعیت فرم از عملکرد»، تراکم (جمعیت) شهری را بایستی با قانون توان معکوس^۱، به جای قانون نمایی منفی^۲، پیش‌بینی کرد.

کولین کلارک در سال ۱۹۵۱ به جمع‌آوری نظریه‌ها و تجربه‌های مرتبط با پیش‌بینی تراکم در شهرها و زمان‌های مختلف پرداخت. برخی از این مطالعات، ریشه در حوزه برنامه‌ریزی ترافیک دارند و برخی دیگر از مباحث برنامه‌ریزی بازار مسکن ناشی می‌شوند. با مرور تحقیقات گذشته می‌توان به این نکته رسید که شکل و معادله پیش‌بینی تراکم شهر منحصر به فرد نیست بلکه از فرایند برنامه‌ریزی که برای تحقق تراکم دنبال می‌شود، تأثیر می‌پذیرد. استفاده از

1. Inverse power law

2. Negative exponential law

می‌آید، به گونه‌ای که با حفظ سطح سرویس مطلوب، از تمامی پتانسیل‌های شبکه معابر موجود استفاده شود. متغیرهای مورد استفاده برای تعیین FAR، دربرگیرنده دامن‌های است از متغیرهای اجتماعی - اقتصادی همچون ضریب مالکیت خودرو، بُعد خانوار، تراکم خانوار در واحد مسکونی و متغیرهای کالبدی همچون ضریب سطح اشغال، مساحت زمین و حداقل زیربنای مجاز و نیز متغیرهای ترافیکی مانند ظرفیت اسمی معبر و نسبت حجم به ظرفیت در یک سطح سرویس خاص. با افزایش جمعیت هر شهر، تراکم جمعیتی در آن افزایش می‌یابد. از جمله معیارهای مؤثر بر نحوه توزیع تراکم ساختمانی می‌توان به الگوی سکونت، الگوی ساخت‌وساز، قیمت زمین، هزینه ساخت‌وساز، عرض معبر، مساحت قطعه و مجاورت با حمل‌ونقل عمومی و سلسله‌مراتب فضایی شهر اشاره کرد (رمضانی، ۱۳۸۸، ۲۴). تحقیق انجام شده رضانی در سطح منطقه یک کلان‌شهر مشهد، مشخص کرد که عوامل اجتماعی - اقتصادی مانند قیمت زمین، نحوه توزیع گروه‌های درآمدی و نرخ رشد جمعیتی، تأثیرات بیشتری بر روند توزیع تراکم ساختمانی دارند (رمضانی، ۱۳۸۸، ۸۸).

مدل‌های متفاوت تراکم، منعکس‌کننده حالت‌های متفاوت توسعه شهری‌اند و اهداف متفاوتی را در مطالعات شهری دنبال می‌کنند. در عین حال، چالش اصلی این قبیل مدل‌ها نحوه دخالت دادن مشخصات فضایی در پیش‌بینی توزیع تراکم است (Martori and Surinach, 2001, 11). در علم آمار فضایی، یکی از روش‌های جدید در مدل‌سازی روابط میان متغیرها، رویکرد رگرسیون وزن‌دار فضایی است. این روش با تولید داده‌های مکانی این امکان را به‌وجود می‌آورد که تغییر فضایی در روابط بین متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. نقشه‌هایی که از این داده‌های مکانی حاصل می‌شوند، کاربردی مؤثر در تحقیق و تفسیر شرایط موجود دارند. روش رگرسیون وزن‌دار فضایی نخستین بار در سال ۱۹۹۱ و برای بررسی عوامل مؤثر بر قیمت واحدهای مسکونی در لندن به کار گرفته شد

روش‌های آمار کلاسیک همانند تحلیل رگرسیون، از دیرباز روشی معمول برای پیش‌بینی تراکم بوده است (ن.ک. Mills, 1972, Griffith, 1981, Brueckner, 1986). این رویکرد در تحقیقات داخلی و خارجی دهه اخیر نیز دنبال شده است. در تحقیق انجام شده کیوشیک (Kushik, 2005, 4)، قابلیت افزایش تراکم شهری با معیارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای مذکور با هدف راهبردی دستیابی به توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست ارائه شده‌اند، و مواردی همچون مصرف انرژی، سرانه فضای سبز، زیرساخت‌ها و تأسیسات شهری و میزان پسماند تولید شده را در بر می‌گیرند. بر این اساس، ظرفیت پهنه‌های شهری به‌منظور افزایش تراکم شهری مشخص شده است. در تحقیق انجام شده به‌وسیله شن (Chen, 2009, 89)، مدل جدیدی مبتنی بر تحلیل رگرسیون برای توصیف و پیش‌بینی تراکم شهری و نیز تعیین بعد فرکتال شهر ارائه شده است. محدوده مطالعاتی تحقیق، شهر هانگزو در چین است. نتایج نشان‌دهنده تکامل شکل شهر از ساختار ساده به ساختار پیچیده در طول زمان است. به باور نویسنده، موضوع پیچیده تراکم را تنها با معادلات چندگانه ریاضی می‌توان تحلیل کرد.

کریمی و دیگران (۱۳۸۸، ۱۸) در تحقیق خود با عنوان «مدل تعیین تراکم مطلوب شهری» برای کمی کردن عوامل اصلی کالبدی، اجتماعی و اقتصادی مؤثر بر تراکم شهری کوشیده‌اند. این محققان با نرم‌الیزه کردن داده‌های مربوط، و پردازش عناصر اصلی مؤثر بر تعیین تراکم در حالت‌های مختلف و انتخاب گزینه‌های وزنی متفاوت در محیط GIS، توانسته‌اند تراکم‌های خاصی را برای نواحی و بلوک‌های مورد مطالعه، با توجه به شرایط محلی آنها، پیشنهاد کنند. ادب‌خواه و دیگران (۱۳۸۲) مدل تراکم ساختمانی را براساس زیرساخت‌های شهری ارائه می‌دهند. مقدار FAR برای هر ناحیه ترافیکی با توجه به ظرفیت شبکه معابر تعیین می‌شود. در این روش براساس تحلیلی آستانه‌ای، مقدار حداکثری FAR برای محدوده مورد نظر به‌دست

شهری به صورت مقادیر بین صفر (تبدیل ناپذیر) و یک (تبدیل پذیر) در هر دو مدل وارد گردیدند. متغیرهای مستقل در این تحقیق اینها هستند: فاصله تا بزرگراه، فاصله تا راه اصلی، فاصله تا راه آهن، فاصله تا رودخانه، یانگ تسه، فاصله تا پل یانگ تسه، فاصله تا مراکز شهری، فاصله تا مراکز حومه شهری، فاصله تا مراکز صنعتی، تراکم زمین های کشاورزی، تراکم زمین های مصنوع، تراکم جنگل، و تراکم بدنه های آبی. نتایج به دست آمده در این تحقیق بر نکویی برازش^۱ بهتر رویکرد لاجستیک رگرسیون وزن دار فضایی در قیاس با مدل رگرسیون لاجستیک کلی و بالاتر بودن قدرت توصیف بالاتر رابطه میان متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل، دلالت دارد.

گائو و لی (Gao and Li, 2010) در سال ۲۰۱۰ با استفاده از رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی روابط غیرثابت و وابسته به مقیاس میان مناظر شهری و نیز عواملی چون فاصله تا مراکز شهری، فاصله تا معابر اصلی و شیب زمین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که متغیر مستقل شیب در محدوده مورد نظر دارای تأثیر ثابتی بر روی متغیر وابسته بوده، در حالی که فاصله از مرکز شهر برازش بهتری در مقایسه با بقیه متغیرها داشته است. همچنین لی و دیگران (Li, et al., 2010) با استفاده از رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی، سعی در تعیین میزان وابستگی دما در سطح شهر با متغیرهای محیطی از نظر مقیاس و عدم ثبات داشته اند. نتایج نشان می دهد که رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی نه تنها می تواند غیرثابت بودن این تغییرات را به اثبات برساند بلکه می تواند مقیاس تغییرات را نیز به دست آورد.

۱-۳- روش تحقیق

تحلیل رگرسیون روشی برای مدل سازی و تحلیل داده های عددی است. داده ها شامل مقادیرهایی برای

(Fotheringham, et al., 2002). در همین زمینه، تحقیقات دیگری در مناطق دیگر دنیا با استفاده از این روش صورت پذیرفته است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می گردد. نمونه هایی از سوابق موضوع و نمونه هایی از کاربرد رگرسیون وزن دار فضایی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای بدین شرح اند:

در تحقیق صورت گرفته به وسیله مانسون (Manson, 2006) با ترکیب دو روش متفاوت - یکی روش تحلیل عاملی و دیگری روش رگرسیون وزن دار فضایی - مدل جدیدی برای بررسی کاربری زمین شهری ایجاد گردید؛ بدین ترتیب که موقعیت فضایی کاربری زمین شهری و تأثیرات عامل های اجتماعی و محیطی بر آن با استفاده از بررسی رابطه میان عوامل اصلی همانند فاصله، قیمت، درآمد و زیرساخت ها با کاربری زمین استخراج گردید. افزون بر آن، مزیت های استفاده از رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی بر مدل های عمومی، مورد بحث قرار گرفت. تاپا و مورایاما (Thapa and Murayama, 2009) در تحقیق مشابهی که در سال ۲۰۰۹ صورت پذیرفت، به بررسی عوامل مؤثر بر تغییر کاربری زمین در دره کتمانندو در نپال پرداختند. نتایج حاکی از آن است که رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی در بررسی روابط میان تغییر کاربری زمین و تغییرات جمعیتی و مساحت زمین های زراعی و اراضی جنگلی و فاصله تا بدنه های آبی و راه های اصلی، توانایی بیشتری در قیاس با روش رگرسیون کلاسیک دارد.

لو و وی (Lue and Wei, 2007) در بررسی مقوله تراکم در شهر نانجینگ چین، رگرسیون لاجستیک کلی (بدون در نظر گرفتن روابط فضایی) و رگرسیون لاجستیک فضایی را برای مدل سازی احتمال گسترش زمین های شهری به کار گرفتند تا تغییرات فضایی الگوها را پیش بینی کنند. احتمال تبدیل کاربری غیرشهری به شهری طی سال های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۰ (استخراج شده از تصاویر Landsat TM) به عنوان متغیر وابسته در دو مدل لاجستیک مذکور انتخاب شدند و احتمال تبدیل کاربری غیرشهری به کاربری

1. Goodness of fit

در اینجا تخمین متغیر وابسته از میان ترکیب خطی متغیرهای مستقل به دست می آید. طبق برآوردکننده رویکرد رگرسیون کلاسیک داریم:

$$\hat{\alpha} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad \text{رابطه (۲)}$$

$\hat{\alpha}$ بردار پارامترهای تخمین زده شده، X ماتریس متغیرهای مستقل، y بردار مقادیر مشاهده شده و $(X^T X)^{-1}$ معکوس ماتریس واریانس کواریانس است؛ در صورتی که با وارد شدن مؤلفه وزن مشاهدات در معادله رگرسیون، رابطه مذکور به رابطه رگرسیون وزن دار فضایی تبدیل می شود.

$$\hat{\alpha} = (X^T W X)^{-1} X^T W y \quad \text{رابطه (۳)}$$

W ماتریس مربع وزن برای موقعیت u ، در پهنه مورد مطالعه است. $X^T W X$ ماتریس واریانس کواریانس وزن جغرافیایی است که برای به دست آوردن برآوردها باید معکوس گردد و y بردار متغیر وابسته است. وزن های جغرافیایی در ماتریس W بر روی قطر اصلی اند و سایر درایه های ماتریس صفر هستند.

$$\begin{bmatrix} W_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & W_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W_n \end{bmatrix}$$

۵-۱- تدابیر وزن دهی و تعداد پارامترهای مؤثر در

مدل

یکی از ایده های اصلی در رگرسیون وزن دار فضایی، مقدار پهنای باند^۳ است، که خود از پهنای باند ثابت^۴ و پهنای باند انطباقی^۵ تشکیل شده است. پهنای باند ثابت فضای جست و جوی ثابتی را در فضای داده ها حرکت

متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل هستند. هدف از تحلیل رگرسیون، بیان متغیر وابسته به شکل تابعی از متغیر(های) مستقل، ضرایب و مقادیر خطاست تا از این طریق بتوان رفتار متغیر وابسته را در افق های زمانی آتی پیش بینی کرد. روش رگرسیون وزن دار فضایی به عنوان شاخه ای جدید از تحلیل رگرسیون، توان شناخت و بررسی روابط میان متغیرها را، زمانی که تأکید بر داده های محلی و موقعیت رخداد متغیرها باشد، در خود دارد (Fotheringham et al., 2002).

۴-۱- معادله رگرسیون وزن دار فضایی

نکته مهمی که در اینجا وجود دارد، تخمین کلی ارتباط است که گاهی اوقات به صورت تفاسیر انحرافی و همراه کننده از ارتباطات محلی ارائه می گردد - که به تناقض سیمپسون^۱ مشهور است. تناقض سیمپسون به طور کلی به معکوس شدن نتایج اشاره دارد. زمانی که گروه داده ها به طور جداگانه - فارغ از مختصات مکانی - مورد بررسی قرار می گیرد و زمانی که ترکیب می شوند، دو رفتار متفاوت از خود نشان می دهند. تناقض سیمپسون، در واقع نقش متغیر موقعیت فضایی را در تبیین روابط بین متغیرها نشان می دهد. زمانی که رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته در بخشی از دامنه مطالعه مثبت شود و در بخشی دیگر منفی، مدل رگرسیون معمولی توان تشخیص دقیق رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته را نخواهد داشت.^۲ بدین ترتیب، توجهی به عامل فضا ممکن است موجب تفسیرهای نادرست از روابط فضایی متغیرها گردد (Fotheringham, et al., 2002). علاوه بر آن، تحلیل داده های فضایی نیازمند رویکردی متفاوت به مقوله ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته در مدل است.

رابطه (۱)

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1i} + \alpha_2 X_{2i} + \dots + \alpha_m X_{mi} + \varepsilon_i \\ i = 1 \dots n$$

1. Simpson Paradox

۲. ن.ک. مطلب «تناقض سیمپسون».

3. Bandwidth

4. Fixed

5. Adaptive

وزن دار فضایی محلی به حساب آورد. در رابطه مذکور،
 $v_1 = \text{tr}(S)$ ، $v_2 = \text{tr}(S^T S)$ است. ماتریس S ، که
 به عنوان ماتریس کلاه^۱ شناخته می شود، \hat{y} را روی y
 به صورت زیر می نگارد.

$$\hat{y} = Sy \quad \text{رابطه (۶)}$$

۲- مواد و روش ها

۲-۱- محدوده مطالعه تحقیق

تهران به عنوان پایتخت کشور و بزرگ ترین شهر ایران
 دارای جمعیتی بیش از ۷ میلیون نفر و مساحت حدود
 ۷۰۰ کیلومترمربع است که در سال ۱۳۸۵ به همراه
 توابع آن (استان تهران)، دربرگیرنده جمعیتی بیش از ۱۳
 میلیون نفر و مساحتی در حدود ۱۹۰۰۰ کیلومترمربع و
 همچنین دارای ۲۲ منطقه و ۱۱۲ ناحیه (شامل ری و
 تجریش) بوده است. تراکم جمعیتی در تهران یازده
 هزار نفر در هر کیلومترمربع برآورده می شود.

محدوده مطالعاتی تحقیق، منطقه ۷ تهران است.
 این منطقه از شمال به بزرگراه رسالت؛ از غرب به
 بزرگراه مدرس، میدان هفت تیر و خیابان مفتوح؛ از
 جنوب به خیابان انقلاب، میدان امام حسین و خیابان
 دماوند؛ و از شرق به خیابان های سیلان و استاد حسن
 بنا محدود می گردد. منطقه ۷ از مناطق مرکزی شهر
 تهران به شمار می آید. این منطقه از شمال به مناطق ۳
 و ۴، از جنوب به مناطق ۱۳ و ۱۲، از غرب به منطقه ۶
 و از شرق به منطقه ۸ محدود می شود. منطقه ۷ از
 لحاظ وسعت مقام پانزدهم را در بین مناطق ۲۲ گانه
 شهر تهران دارد.



شکل ۱. پهنای باند ثابت و پهنای باند انطباقی

می دهد. در حالت ثابت که براساس مدل گوسی است
 وزن دهی با این معادله محاسبه می گردد:

$$w_i(u) = e^{-0.5(d_i(u)/h)^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه مذکور، $w_i(u)$ وزن جغرافیایی مشاهده
 i ام با توجه به موقعیت u ، $d_i(u)$ فاصله مشاهده i ام از
 موقعیت u ، و h کمیتهی است به نام پهنای باند. در
 حالی که پهنای باند ثابت از طریق مدل گوسی تعیین
 می شود، پهنای باند انطباقی براساس معادله گوسی
 تغییر یافته مشخص می گردد و به تعداد مشاهدات مؤثر
 در مدل باز می شود و تداعی کننده تعداد پارامتر مؤثر
 متفاوت در هر فضای جست و جوست.

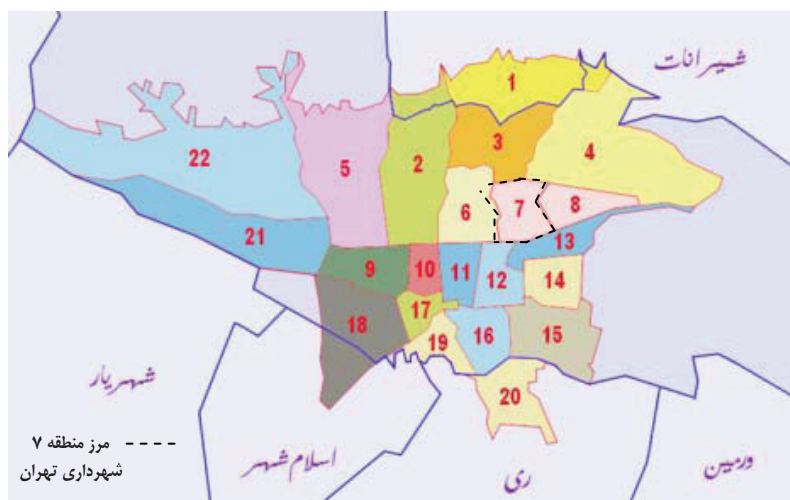
$$w_i(u) = e^{-\left(\frac{d_i(u)}{h}\right)^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

پارامترهای معادله مذکور، با رابطه (۴) مطابقت
 دارند. پهنای باند از مفهوم فضای جست و جو استفاده
 می کند. شکل ۱ نشان دهنده پهنای باند ثابت و پهنای
 باند انطباقی است.

ایده اصلی در رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی بر
 این است که بررسی متغیرهای مستقل و وابسته در
 پهنه مورد مطالعه، در مکان هایی صورت می گیرد که
 موقعیت آنها مشخص است. در مشاهداتی که با فاصله
 نزدیک تر به هر موقعیت صورت می گیرد، وزن بیشتر
 است؛ و مشاهدات با فاصله دورتر، وزن کمتری دارند.
 به منظور تخمین پارامترهای محلی، محاسبه تعداد
 پارامترهای مؤثر صورت می گیرد، که در مدل های خطی
 کلاسیک به صورت $2v_1 - v_2$ است و می توان آن را
 به عنوان تعداد پارامترهای مؤثر در مدل رگرسیون

1. Hat

بررسی کارایی آمارهای فضایی در تحلیل تراکم شهری



شکل ۲. محدوده تحقیق

تراکم شهری (تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی) به کمک متغیرهای مستقل استفاده شده است. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم افزار «GWR»، ورژن ۳ که در دانشگاه نیوکاسل برنامه نویسی شده، انجام گرفته است. در این مدل ۱۱ متغیر بنا به این دلایل انتخاب شده اند (جدول ۱): نخست، در دسترس بودن اطلاعات تفصیلی با دقت مورد نظر؛ دوم، سابقه استفاده از این متغیرها در مدل های مشابه و تجربیات دیگران؛ و سوم، هم سنخ بودن متغیرهای انتخابی از نظر مقیاس و واحدهای برداشت آماری.

منطقه ۷ دارای ۱۱۷۸ بلوک شهری است که بررسی متغیرهای اجتماعی، اقتصادی و کالبدی در این پژوهش، بر پایه اطلاعات همین بلوک ها صورت می گیرد. این منطقه که در مرکز و قلب تهران واقع شده دارای ۵ ناحیه، ۱۶ محله و وسعتی حدود ۱۵/۳ کیلومتر مربع و جمعیتی بیش از ۳۰۰ هزار نفر در سال ۱۳۸۵ بوده است. این منطقه بیشتر کارمندان و دارای تنوع اجتماعی و طبقاتی است.

۲-۲- تجزیه و تحلیل داده ها

رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی برای برآورد متغیر

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده و آمارهای توصیفی آنها*

تعریف متغیر	علامت اختصاری	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
تراکم جمعیتی	DNS	۳۵/۸۱	۲۴۲۵/۰۷	۴۵۵/۹۹	۲۰۱/۹۸
تراکم ساختمانی	FAR	۰/۹۱	۵/۱۵	۱/۹۷	۰/۴۲
قیمت زمین (کاربری مسکونی به ده هزار ریال)	PRC	۱۰۰۰	۲۰۵۹	۱۸۴۸/۱۷۵	۶۵۳/۵۱۹
نسبت ناخالص** افراد باسواد	E	۰/۶	۱	۰/۸۹	۰/۰۴
نسبت ناخالص افراد بی سواد	NE	۰	۰/۴	۰/۰۴	۰/۰۳
نسبت ناخالص افراد مهاجر	M	۰	۰/۵۹	۰/۱۱	۰/۰۶
نسبت ناخالص مرد مهاجر	MM	۰	۰/۴۷	۰/۰۶	۰/۰۴
نسبت ناخالص زنان شاغل	EF	۰	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۰۳
نسبت ناخالص متولدین این شهر	BI	۰/۰۷	۰/۸	۰/۶۳	۰/۰۷
نسبت ناخالص مرد باسواد	EM	۰/۲۲	۰/۷۱	۰/۴۵	۰/۰۴
نسبت ناخالص زنان بی سواد	NEW	۰	۰/۳	۰/۰۳	۰/۰۲

*. داده های مورد استفاده برگرفته از داده های آماری سرشماری سال ۱۳۸۵ مرکز آمار ایران است.

** این متغیر حاصل تقسیم تعداد موارد موجود در هر بلوک به کل جمعیت آن بلوک است.

می‌شوند و از این لحظه با هر بار اجرای مدل، همانند روش گام به گام (Stepwise)، متغیری که دارای کمترین معناداری با متغیر وابسته باشد، حذف می‌گردد و در مرحله بعد مدل بدون این متغیر و با بقیه متغیرها آزموده می‌شود. این الگوریتم تا جایی ادامه می‌یابد که تمام متغیرهای باقی‌مانده در مدل معنادار شوند و مقادیر مناسب در مجموع مربعات باقی‌مانده و نیکویی برازش تعدیل‌شده شکل گیرند و به‌وجود آیند. مراحل طی شده، به اختصار در جدول ۲ درج شده‌اند. در حالت کلی یا رگرسیون کلاسیک، که خروجی حاصل از آن را می‌توان در جدول ۳ مشاهده کرد، مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده حاصل از مدل $101/74$ و مقدار نیکویی برازش تعدیل شده $0/35$ است. اما زمانی که رگرسیون وزن‌دار فضایی به کار گرفته می‌شود، مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده حاصل از مدل $70/28$ و نیکویی برازش تعدیل شده $0/53$ است.

تجزیه و تحلیل در این دو حالت انجام گرفته است:
 ۱- تراکم ساختمانی به عنوان متغیر وابسته؛ و
 ۲- تراکم جمعیتی به عنوان متغیر وابسته. برای هر دو حالت، متغیر توصیف‌کننده مکان عبارت است از مختصات کارترین مرکز ثقل بلوک‌ها.

۲-۲-۱- مدل برآورد تراکم ساختمانی^۱

در بررسی روابط بین متغیرهای مستقل و متغیر تراکم ساختمانی، ابتدا یکایک متغیرها به صورت جداگانه با متغیر وابسته مورد آزمون مدل قرار گرفتند و در نهایت، متغیرهای معنادار با متغیر وابسته براساس آزمون مونت کارلو انتخاب شدند و سپس همگی به صورت چندین متغیر، همزمان وارد مدل شدند. متغیرهای معنادار جداگانه عبارت‌اند از: قیمت زمین، تراکم جمعیتی، نسبت ناخالص افراد بی‌سواد و نسبت ناخالص افراد باسواد. این چهار متغیر وارد رگرسیون وزن‌دار فضایی

جدول ۲. برآورد نیکویی برازش تعدیل شده و مجموع مربعات باقی‌مانده بهینه (تراکم ساختمانی به عنوان متغیر وابسته)

روش	پارامترها	رگرسیون (تکرار ۱)	رگرسیون (تکرار ۲)
رگرسیون کلاسیک	مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها	۱۰۱/۶۱	۱۰۱/۷۴۲
	نیکویی برازش تعدیل شده	۰/۳۵۳	۰/۳۵۶
رگرسیون وزن‌دار فضایی	مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها	۷۱/۵۷۴	۷۰/۲۸۱
	نیکویی برازش تعدیل شده	۰/۵۲۲	۰/۵۳۷
متغیرهای معنادار ^۲	Intercept	Intercept	Intercept
	PRC	PRC	PRC
	E	E	E
	n/s	n/s ^۳	n/s
	Removed	n/s	Removed
		NE	

۱. منظور از تراکم ساختمانی همان ضریب سطح طبقات یا FAR است. تراکم ساختمانی در شهرهای دنیا به صورت‌های متفاوت دیده می‌شود (عزیزی، ۱۳۷۶). در هامبورگ آلمان حداکثر تراکم ساختمانی ۱ به $2/5$ است و در استکهلم سوئد ۱ به ۲ است. در لندن تا میزان ۱ به ۶ مجوز ساخت وجود دارد، در حالی که این رقم در منچستر و لیورپول از ۱ به $3/5$ تجاوز نمی‌کند. در تورنتو و مونترال کانادا و شهرهای سیدنی و ملبورن استرالیا مجوز تا سقف ۱ به ۱۲ وجود دارد. در سانفرانسیسکو مجوز از ۱ به ۷ تا ۱ به ۱۴ متغیر است. این دامنه در فیلادلفیا بین ۱ به ۱۲ تا ۱ به ۳۰ است. مهم‌ترین عامل مجوز تراکم در این شهرها، دارا بودن امکانات حمل‌ونقل مذکور است (عزیزی، ۱۳۷۶).

2. Significant Variables

3. Non Significant

بررسی کارایی آمارهای فضایی در تحلیل تراکم شهری

جدول ۳. مقایسه نتایج حاصل از رویکرد رگرسیون کلاسیک و رگرسیون وزن دار فضایی برای متغیر تراکم ساختمانی

پارامترهای مدل	رگرسیون وزن دار فضایی	رگرسیون کلاسیک
مجموع مربعات باقی مانده ها ^۱	۷۰/۲۶	۱۰۱/۷۴
تعداد پارامترهای مؤثر ^۲	۴۶	۴
سیگما ^۳	۰/۲۵	۰/۳
معیار آکاییکه ^۴	۱۹۷/۸۸	۵۱۵/۱۹
نیکویی برازش	۰/۵۵	۰/۳۵
نیکویی برازش تعدیل شده	۰/۵۳	۰/۳۵

نقشه الف در شکل ۳، چگونگی پراکنش ضریب پارامتر نسبت ناخالص افراد باسواد را در مدل سازی تراکم ساختمانی نشان می دهد، به این صورت که تراکم ساختمانی به وسیله نسبت ناخالص افراد باسواد در جنوب غربی منطقه ۷ بهتر مدل می شود. نقشه ب در این شکل، میزان تأثیرپذیری تراکم ساختمانی از پارامتر زمین بعد از مدل سازی را نشان می دهد. نقشه ج در شکل ۳ چگونگی مدل شدن تراکم ساختمانی به وسیله متغیرهای مربوط را نشان می دهد. همان گونه که در نقشه های خروجی حاصل از مدل می توان دید، ضرایب رگرسیون برای هر بلوک مشخص است و همین ویژگی رگرسیون وزن دار فضایی موجب کاهش خطا در برنامه ریزی های آینده خواهد شد.

در واقع مقدار نیکویی برازش تعدیل شده (به عنوان شاخص خوبی انطباق) از ۰/۳۵ به ۰/۵۳ افزایش پیدا کرده و مقدار مجموع مربعات باقی مانده از ۱۰۱/۷۴ به ۷۰/۲۸ کاهش یافته است. این تفاوت و برتری در سایر شاخص های ارزیابی - از قبیل تعداد پارامترهای مؤثر، سیگما و معیار آکاییکه - نیز دیده می شود. این امر نشان دهنده کاهش خطا و افزایش دقت در برآورد متغیر وابسته و بیانگر برتری رویکرد رگرسیون وزن دار فضایی در این زمینه است. متغیرهای قیمت زمین و نسبت ناخالص افراد باسواد در بلوک ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای رابطه معنادار با متغیر تراکم ساختمانی اند (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه نتایج حاصل از رویکرد رگرسیون کلاسیک و رگرسیون وزن دار فضایی برای متغیر تراکم ساختمانی

متغیر	ضریب مربوط
ثابت معادله	۰/۳۱۰
نسبت ناخالص افراد باسواد	۱/۵۵۰
قیمت زمین	۱/۴۹E-۷

نقشه های حاصل از روش رگرسیون وزن دار فضایی برای متغیر تراکم ساختمانی در شکل ۳ نشان داده شده است.

1. Residual Squares

2. Effective Number:

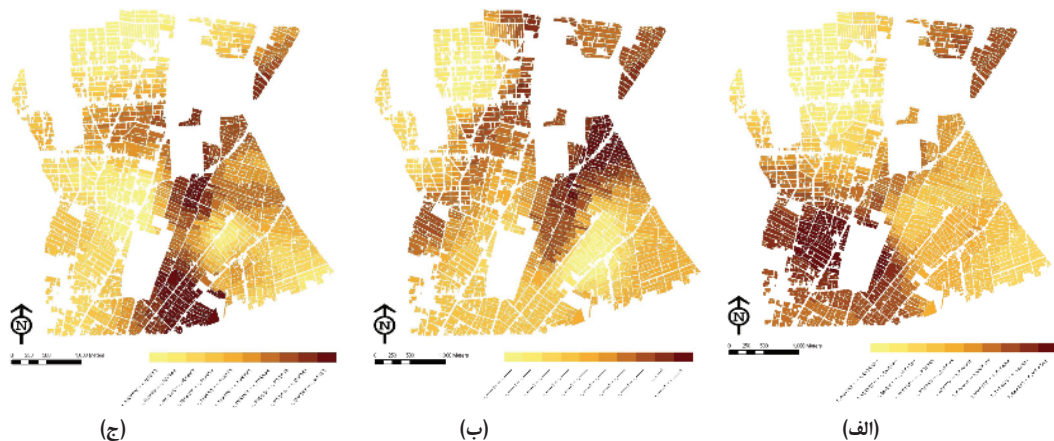
تعداد پارامترهای مؤثر بیانگر تبادل بین مقادیر تثبیت شده و خطا در تخمین ضرایب مدل است و با پهنای باند ارتباط دارد.

3. Sigma:

سیگما شاخص انحراف معیار باقی مانده هاست و کوچک تر بودن آن نشان از برتری مدل دارد.

4. AICc:

از شاخص های بسیار مفید برای مقایسه مدل های رگرسیون، که مقدار پایین تر این شاخص نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده های مشاهداتی است.



شکل ۳. (الف) نقشه ضریب پارامتر نسبت ناخالص افراد باسواد در مدل‌سازی تراکم ساختمانی؛ (ب) نقشه ضریب پارامتر قیمت زمین در مدل‌سازی تراکم ساختمانی؛ و (ج) نقشه مجذور ضریب تعیین در مدل‌سازی تراکم ساختمانی.

۲-۲-۲- مدل برآورد تراکم جمعیتی

همانند روشی که برای متغیر تراکم ساختمانی به کار برده شد، ابتدا یک‌یک متغیرها به صورت جداگانه با متغیر وابسته مورد آزمون مدل قرار گرفتند و در نهایت متغیرهای معنادار با متغیر وابسته پس از اعمال آزمون مونت کارلو انتخاب گردیدند و سپس همگی به صورت همزمان وارد مدل شدند. متغیرهای معنادار به صورت جداگانه عبارت‌اند از: نسبت ناخالص افراد باسواد، نسبت ناخالص مردان باسواد، نسبت ناخالص افراد بی‌سواد، نسبت ناخالص زنان بی‌سواد، نسبت ناخالص افراد مهاجر، نسبت ناخالص مردان مهاجر، نسبت ناخالص زنان شاغل و نسبت ناخالص افرادی که در این شهر متولد شده‌اند. این هشت متغیر وارد رویکرد رگرسیون وزن‌دار فضایی می‌شوند و از این لحظه با هر بار کاربرد مدل، متغیری که دارای کمترین معناداری با متغیر وابسته باشد، حذف می‌گردد و در مرحله بعدی، این رویکرد بدون این متغیر و با بقیه متغیرها آزموده می‌شود. این الگوریتم تا جایی تکرار می‌گردد که تمام متغیرهای باقی‌مانده در مدل معنادار شوند و مقادیر مناسب در مجموع مربعات باقی‌مانده و نیکویی برازش تعدیل شده به دست آیند. این روند را می‌توان در جدول ۴ مشاهده کرد.

همان‌گونه که در جدول می‌توان دید، رگرسیون (تکرار ۵)، مدل مناسبی برای استفاده از متغیرهای انتخابی با روش رگرسیون وزن‌دار فضایی است. در حالت کلی یا رگرسیون کلاسیک که خروجی حاصل از آن را می‌توان در ادامه مطلب مشاهده کرد، مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده حاصل از مدل ۳۸۳۴۹۶۳۳ و مقدار نیکویی برازش تعدیل‌شده ۰/۱۵۲ است؛ و برای حالتی که از روش رگرسیون وزن‌دار فضایی استفاده می‌شود، مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده حاصل از مدل ۲۹۴۹۸۸۶۱، و مقدار مجذور ضریب تعیین ۰/۳۳۱ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نیکویی برازش تعدیل از ۰/۱۵۲ به ۰/۳۳۱ افزایش پیدا کرده، و مقدار مجموع مربعات باقی‌مانده از ۳۸۳۴۹۶۳۳ به ۲۹۴۹۸۸۶۱ کاهش یافته است، که نشان از کاهش خطا و افزایش دقت در رویکرد رگرسیون وزن‌دار فضایی دارد. این تفاوت و برتری در سایر شاخص‌های ارزیابی - از قبیل تعداد پارامترهای مؤثر، سیگما و معیار آکاییکه- نیز دیده می‌شود (جدول ۵).

برای آزمون معنی‌داری، متغیرهای نسبت ناخالص افراد باسواد در بلوک‌ها، نسبت ناخالص افرادی که در این شهر متولد شده‌اند، و نسبت ناخالص مهاجران مرد بلوک‌ها، در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار هستند (جدول ۶).

بررسی کارایی آمارهای فضایی در تحلیل تراکم شهری

جدول ۴. برآورد نیکویی برازش تعدیل شده و مجموع مربعات باقی‌مانده بهینه (متغیر تراکم جمعیتی به عنوان متغیر وابسته)

Model	پارامترها	رگرسیون (تکرار ۱)	رگرسیون (تکرار ۲)	رگرسیون (تکرار ۳)	رگرسیون (تکرار ۴)	رگرسیون (تکرار ۵)
رگرسیون کلاسیک	مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها	37,539,173	37,539,210	37,621,707	38,296,830	38,349,633
	نیکویی برازش تعدیل شده	0/1669	0/1677	0/1666	0/1524	0/1521
رگرسیون وزن‌دار فضایی	مجموع مربعات باقیمانده‌ها	28,237,002	27,570,608	28,340,918	29,218,706	29,498,861
	نیکویی برازش تعدیل شده	0/3497	0/3643	0/3503	0/3346	0/3313
متغیر	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	E	E	E	n/s	E	E
	EM	EM	n/s	n/s	n/s	Removed
	NE	NE	n/s	n/s	n/s	n/s
	NEW	NEW	n/s	Removed	-	-
	M	M	n/s	n/s	n/s	Removed
	MM	MM	n/s	n/s	n/s	MM
	EF	EF	n/s	n/s	Removed	-
	BI	BI	BI	BI	BI	BI

جدول ۵. مقایسه نتایج حاصل از رویکرد رگرسیون کلاسیک وزن‌دار فضایی برای متغیر تراکم جمعیتی

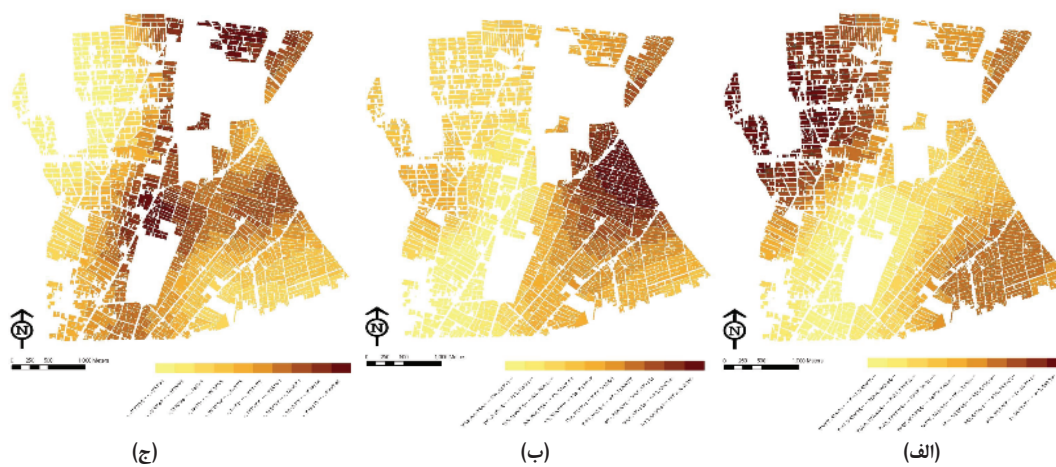
پارامترهای مدل	رگرسیون وزن‌دار فضایی	رگرسیون کلاسیک
مجموع مربعات باقی‌مانده‌ها	۲۹۴۹۸۸۶۲	۳۸۳۴۹۶۳۳
تعداد پارامترهای موثر	۳۲	۵
سیگما	۱۶۶/۴۱	۱۸۷/۳۹
معیار آکاییکه	۱۴۳۶۹/۸۳	۱۴۶۰۱/۹۵
نیکویی برازش	۰/۳۵	۰/۱۵
نیکویی برازش تعدیل شده	۰/۳۳۱۳۳۱	۰/۱۵

جدول ۶. ضرایب متغیرهای مستقل در روش کلاسیک

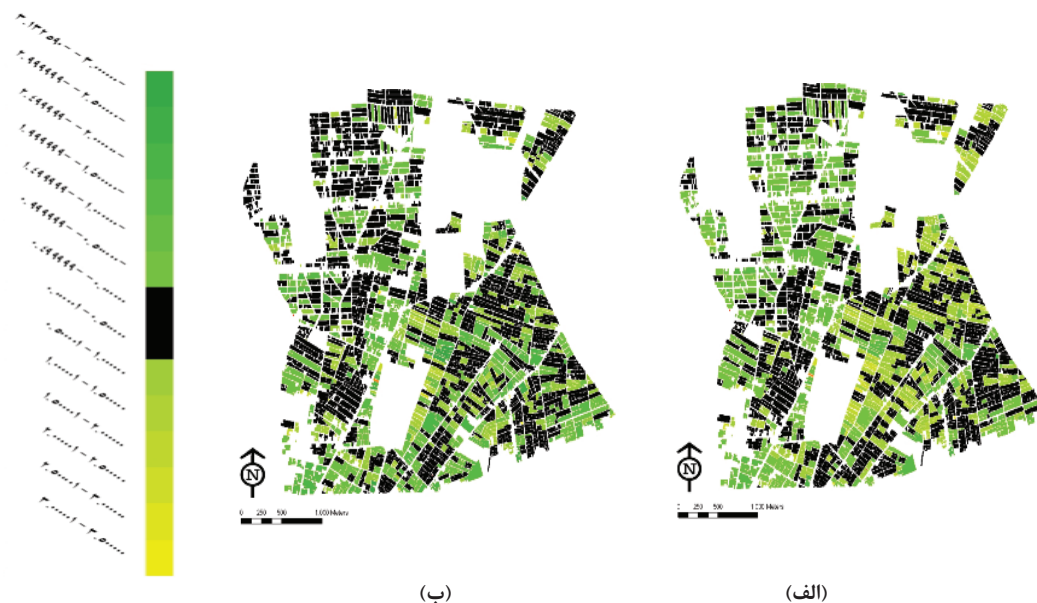
متغیر	ضریب مربوطه
ثابت معادله	۱۸۷۴/۹۵۳۰۹۷
نسبت ناخالص افراد باسواد	-۱۵۷۶/۵۷۶۵۳۴
نسبت ناخالص افرادی که در این شهر متولد شده‌اند	۱۲۲/۱۴۵۸۹۷
نسبت ناخالص مهاجران مرد بلوک‌ها	-۱۹/۸۲۰۴۴۳

تغییرات تراکم جمعیتی مؤثرتر است. نقشه ج گویای این است که تراکم ساختمانی در مکان‌های تیره‌تر به وسیله متغیرهای مستقل استفاده شده بهتر مدل می‌شود. در مقایسه نقشه‌های باقی‌مانده‌های استاندارد حاصل از دو مدل رگرسیون معمولی و رگرسیون وزن‌دار فضایی، مشاهده می‌شود که در نقشه حاصل از رویکرد رگرسیون وزن‌دار فضایی، برای هر دو متغیر میزان خطا کاهش یابد (شکل ۵).

نقشه‌های حاصل از روش رگرسیون وزن‌دار فضایی برای متغیر تراکم جمعیتی (ضرایب متغیرهای مستقل) در شکل ۴ آمده است. نقشه الف در شکل ۴ میزان تأثیرگذاری متغیر نسبت ناخالص افراد باسواد را در مدل‌سازی تراکم جمعیتی نشان می‌دهد، به طوری که تراکم جمعیتی در شمال غرب و تا حدودی جنوب شرقی از نسبت افراد باسواد تبعیت می‌کند. نقشه ب نشان می‌دهد که نسبت ناخالص مردان مهاجر در



شکل ۴. (الف) نقشه ضریب پارامتر نسبت ناخالص افراد باسواد در مدل‌سازی تراکم جمعیتی؛ (ب) نقشه ضریب پارامتر نسبت ناخالص مردان مهاجر در مدل‌سازی تراکم جمعیتی؛ و (ج) نقشه مجذور ضریب تعیین در مدل‌سازی تراکم جمعیتی



شکل ۵. (الف) نقشه باقی‌مانده استاندارد در مدل‌سازی تراکم جمعیتی با استفاده از رگرسیون کلاسیک؛ و (ب) نقشه باقی‌مانده استاندارد در مدل‌سازی تراکم جمعیتی با استفاده از رگرسیون وزن‌دار فضایی

بین جمعیت و امکانات صورت می‌گیرد. تراکم بیش از حد جمعیت در بخشی از شهر این تعادل را از بین می‌برد. به علاوه، ایجاد سروصدا و نارسایی‌های روانی، گرانی قیمت زمین و اجاره‌خانه، بزهکاری و جرم و جنایت، امکان بروز مخاطرات بهداشتی و مواردی از این قبیل از تبعات آن است. در مقابل، تراکم بسیار پایین نیز مشکلاتی را از قبیل بالا رفتن هزینه خدمات‌رسانی در زمینه‌های شبکه معابر، تأسیسات زیربنایی (آب، برق، گاز و تلفن) و خدمات بهداشتی، درمانی، آموزشی و نظایر اینها به همراه دارد. بنابراین رسیدن به تراکم معقول و منطقی و نظارت بر آن در شهرها موضوعی بس پراهمیت است. بر همین اساس، بررسی و تحلیل و مدل‌سازی تراکم شهری از ضرورت‌های دانش برنامه‌ریزی شهری است. در بسیاری از مطالعات مربوط به تراکم، از تحلیل‌های آمار کلاسیک استفاده می‌شود اما مدل‌های متفاوت تراکم، منعکس‌کننده حالت‌های متفاوت توسعه شهری‌اند و اهداف متفاوتی را در مطالعات شهری دنبال می‌کنند. در عین حال، چالش اصلی در این‌گونه مدل‌ها نحوه دخالت دادن مشخصات فضایی در پیش‌بینی توزیع تراکم است (Martori and Surinach, 2001, 11).

طیف سبز روشن به زرد نشان‌دهنده مقدار باقی‌مانده‌های استاندارد بزرگ‌تر از صفر و به عبارتی Overestimate است، درحالی‌که طیف سبز روشن به سبز تیره بیان‌کننده باقی‌مانده‌های استاندارد کوچک‌تر از صفر و به عبارتی Underestimate است؛ و در نهایت، رنگ تیره در واقع بازه باقی‌مانده‌های استاندارد نزدیک به صفر را نمایان می‌سازد.

به مانند نقشه باقی‌مانده‌های استاندارد مدل تراکم جمعیتی، طیف سبز روشن به قرمز نشان‌دهنده مقدار باقی‌مانده‌های استاندارد بزرگ‌تر از صفر و به عبارتی Overestimate است، درحالی‌که طیف سبز روشن به سبز تیره بیان‌کننده باقی‌مانده‌های استاندارد کوچک‌تر از صفر و به عبارتی Underestimate است و در نهایت نیز رنگ تیره بازه باقی‌مانده‌های استاندارد نزدیک به صفر را نمایان کرده است (شکل ۶).

۳- بحث و نتیجه‌گیری

یکی از اهداف اصلی در برنامه‌ریزی شهری، دستیابی به شرایطی است که دامنه‌ای از خدمات و فضاهای شهری به‌اندازه کافی و با کیفیت مطلوب در دسترس شهروندان قرار گیرد و این دستیابی با اعمال کمترین هزینه باشد. رسیدن به این امر، با ایجاد تعادل منطقی



شکل ۶. الف) نقشه باقی‌مانده استاندارد در مدل‌سازی تراکم ساختمانی، با استفاده از رگرسیون کلاسیک؛ و ب) نقشه باقی‌مانده استاندارد در مدل‌سازی تراکم ساختمانی، با استفاده از رگرسیون وزن‌دار فضایی

- Background Studies in Problem Statement, Causes and Effects**, Journal of Fine Arts, Vol. 2, pp. 26-27.
- Batty, M. and Kim, K.S., 1992, **Form Follows Function: Reformulating Urban Population Density Functions**, Urban Studies, Vol. 29, pp. 1043-1070. Brueckner, J.K., 1986, **A Switching Regression Analysis of Urban Population Densities**, Journal of Urban Economics, Vol. 19, pp. 174-189.
- Brunsdon, C., Charlton, M. and Fotheringham, A.S., 2002, **Geographically Weighted Regression: A Method for Exploring Spatial Non-stationary, Geographical Analysis**, Vol. 28, pp. 281-298.
- Charlton, M. and Fotheringham, A.S., 2002, **Modelling the Determinants of Educational Attainment in Georgia**, Department of Geography, University of Newcastle upon Tyne.
- Chen, Y., 2009, **A New Model of Urban Population Density Indicating Latent Fractal Structure**, International Journal of Urban Sustainable Development, Vol. 1, pp. 89-110.
- Clark, C., 1951, **Urban Population Densities**, Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 114, pp. 490-496.
- Fotheringham, A.S., Brunsdon, C. and Charlton, M., 2002, **Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships**, University Of Newcastle Wiley, UK.
- رگرسیون کلاسیک به دلیل ماهیت کل نگر آن، دقت لازم و کافی برای آنالیز رابطه خطی میان متغیرهای مستقل و وابسته ندارد. رگرسیون وزن دار فضایی رابطه خطی میان متغیرهای مستقل و وابسته — زمانی که مقوله فضا در روابط متغیرها اهمیت می یابد— به عنوان جایگزینی برای رگرسیون فضایی موفق تر عمل می کند. رگرسیون وزن دار فضایی با تولید داده های فضایی این امکان را به وجود می آورد تا تغییر فضایی در روابط بین متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. نقشه های به دست آمده از این داده های فضایی، نقش تعیین کننده ای در تحقیق و تفسیر شرایط موجود دارند. همان گونه که ملاحظه شد، استفاده از رویکرد رگرسیون وزن دار در نمونه مطالعاتی این تحقیق، موجب دستیابی به شاخص انطباق بالاتر در مدل و نیز کاهش مجموع مجذور خطاها (مقادیر باقی مانده مدل) گردید. ذکر این نکته ضروری به نظر می رسد که برای ادامه این تحقیق، به منظور افزایش دقت و کارایی مدل می توان تعداد متغیرهای مستقل بیشتر و تفکیک پهنه مورد مطالعه به نواحی کوچک تر را در نظر گرفت. به دلیل قابلیت منحصر به فرد رگرسیون وزن دار فضایی در شناسایی و تحلیل روابط میان متغیرها، استفاده از آن در تحلیل های کمی برنامه ریزی شهری و منطقه ای توصیه می شود. در واقع، بهره گیری از این رویکرد می تواند گامی نو در مسیر درک دقیق تر و علمی تر آن دسته از پدیده های شهری که در بستر فضا رخ می دهند، به شمار آید.

۴- منابع

Adabkhah, M., Pourjafar, M. and Taghvaii, A., 1993, **Investigating on Building Density Condition in Order to Model F.A.R. based on Transit Network**, Journal of Fine Arts, Vol. 13, pp. 16-31.

Azizi, M., 1997, **Density in Urban Plans:**

- Gao, J., Li, S., 2010, **Detecting Spatially Non-stationary and Scale-Dependent Relationships Between Urban Landscape Fragmentation and Related Factors Using Geographically Weighted Regression**, Applied Geography, Vol. 1:11.
- Griffith, D.A., 1981, **Modelling Urban Population Density in a Multi-centered City**, Journal of urban economics, Vol. 9, pp. 298-310.
- Karimi, A., Delavar, M. and Mohammadi, M., 2009, **A Model for Determination of Appropriate Urban Density**, Journal of Fine Arts, Vol. 37, pp. 17-26.
- Li, C., Zhao, Z., Miaomiao, X. and Wang, L., 2010, **Investigating Spatial Non-stationary and Scale-Dependent Relationships between Urban Surface Temperature and Environmental Factors Using Geographically Weighted Regression**, Environmental Modelling & Software, Vol. 25.
- Luo, J. and Wei, Y.H.D., 2007, **Modelling Spatial Variations of Urban Growth Patterns in Chinese Cities: The Case of Nanjing**, Elsevier.
- Manson, S., 2006, **Robust Principal Component Analysis (RPCA) and GWR-Urbanization in the Twin Cities Metropolitan Area (TCMA)-Debarhana Ghosh**, Department of Geography, University of Minnesota.
- Martori, J.C. and Suriñach, J., 2001, **Classical Models of Urban Population Density: The Case of Barcelona Metropolitan Area**, Paper presented at the 41st Congress of the European Regional Science Association, Zagreb.
- Mills, E.S., 1970, **Urban Density Functions**, Urban Studies, Vol. 7, pp. 5-20.
- Ramadhani, V., 2009, **Determination of a Suitable Method to F.A.R Distribution**, M.A. thesis, University of Shiraz, Shiraz.
- Simpson, E.H., 1951, **Simpson Paradox: The Interpretation of Interaction in Contingency Tables**, Journal of the Royal Statistical Society, Ser. B.
- Thapa, R.B. and Murayama, Y., 2009, **Land Use Change Factors in Kathmandu Valley: A GWR Approach**, University of Tsukuba, Japan.