پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۴، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵
ص ۲۲۳-۲۴۰

مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در استقرار مراکز مالی و اعتباری موجود در شهر تهران با رگرسیون وزنی جغرافیایی

غدیر عشورنژاد* – دانشجوی دکتری سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تهران
حسنعلی فرجی سبکبار ـ دانشیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران
فرشاد امیراصلانی ـ استادیار دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۹ تأیید مقاله: ۱۳۹۵/۳/۱۰

چکیده

بحث رقابت در خصوص بازدهی فعالیت‌های اقتصادی موجود در فضای شهری توجه به مکان استقرار این فعالیت‌ها را در خدمات‌رسانی به شهروندان بیش از پیش ضروری کرده است. در این بین مراکز مالی و اعتباری، به‌ویژه بانک‌ها را می‌توان یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های اقتصادی دانست. عوامل گوناگونی در شناسایی مکان بهینهٔ استقرار این فعالیت‌ها دخالت دارد که موجب پیچیدگی در تصمیم‌گیری‌های مکانی می‌شود و مدلسازی روابط فضایی عوامل مؤثر را ضروری می‌کند. رگرسیون وزنی جغرافیایی با مدل‌سازی روابط فضایی بین مجموعه‌ای از متغیرها امکان پیش‌بینی مقادیر متغیرهای نامعلوم و فهم بهتر عوامل تأثیرگذار بر متغیر را می‌دهد. در این تحقیق سعی شد تا با مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی روابط فضایی عوامل مؤثر در استقرار مراکز مالی و اعتباری مدل‌سازی و مکان بهینهٔ استقرار این مراکز در شهر تهران پیش‌بینی شود. در این تحقیق از متغیرهای مراکز آموزشی و فرهنگی، اداری، تفریحی، بهداشتی و درمانی، اقتصادی و تجاری، ترافیکی، حمل و نقلی و جمعیتی به عنوان متغیر مستقل و از وضعیت فعلی شعب مراکز مالی و اعتباری به عنوان متغیر وابسته در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده شد. همچنین، به‌منظور پی‌بردن به دقت و اهمیت رگرسیون وزنی جغرافیایی، خروجی حاصل از این مدل ارزیابی شده است. نتایج، بیانگر دقت بالای این روش در شناسایی مکان بهینهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری است. نتایج نشان‌دهندهٔ آن است که مدل مورد نظر با R^2 برابر با ۰/۸۸۸۳ و R^2 تعدیل‌شدهٔ برابر با ۰/۸۸۴۱ دارای دقت قابل‌قبولی در مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در استقرار مراکز مالی و اعتباری است. همچنین، خودهمبستگی برآوردشده روی مقادیر باقیمانده و حاصل از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی با استفاده از آمارهٔ موران I (Moran's I) نیز از عدم خودهمبستگی معنادار حکایت می‌کند.

کلیدواژه‌ها: رگرسیون وزنی جغرافیایی(GWR)، روابط فضایی، شهر تهران، مراکز مالی و اعتباری.

نویسندهٔ مسئول ۰۹۱۱۲۹۲۲۴۷۷

* E- mail: ashournejad@ut.ac.ir

مقدمه

مراکز مالی و اعتباری به‌ویژه بانک‌ها مهم‌ترین فعالیت اقتصادی در فضای شهری محسوب می‌شود. نقش قابل‌توجه این مراکز در خدمات‌رسانی به شهروندان از یک‌سو و وجود رقابت میان این مراکز در دستیابی به مشتریان از سوی دیگر، لزوم بررسی در خصوص مکان بهینهٔ استقرار این مراکز را تأیید می‌کند (رهنمایی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۸). در مطالعاتی که به بررسی روابط میان متغیرها در استقرار مراکز می‌پردازد، میزان و نحوهٔ اثرگذاری فضا اهمیت دارد و نادیده‌گرفتن اثر فضا، خطا در برآورد، تخمین و پیش‌بینی را به دنبال خواهد داشت (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۰). حتی اقتصادسنجی فضایی[1] هم که شاخه‌ای تکامل‌یافته از اقتصادسنجی است به‌دلیل نادیده‌گرفتن اثر فضا در اقتصادسنجی عمومی توسعه یافته است (فرهمند و فروغی، ۱۳۹۰: ۴). تعدد متغیرهای اثرگذار در مکان‌گزینی در فضای شهری موجب پیچیدگی در تصمیم‌گیری‌های مکانی شده و مدلسازی روابط فضایی عوامل مؤثر را ضروری کرده است. مدلسازی این روابط با توجه به ماهیت فضایی این عوامل نیازمند استفاده از روش‌هایی فضایی است.

موسوی (۱۳۸۰) با استفاده از تکنیک تجزیه‌وتحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[2]، مکان‌یابی شعب بانک کشاورزی را از دو بعد مکان‌یابی ناحیه‌ای و نقطه‌ای ارزیابی کرد. ژاو (2002) از تلفیق GIS و MCDM[3] به منظور آنالیز شعب بانکی در استرالیا استفاده کرد. وی از روش SMART[4] برای این منظور بهره جست و از روش AHP نیز برای بررسی نتایج استفاده کرد. قربانی (۱۳۸۸) به ارزیابی کارایی شعب بانک در شبکهٔ بانکی پرداخت که با بازنگری مجدد به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری رسید. او در تحقیق خود از تلفیق GIS و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و TOPSIS) برای تهیهٔ سیستم پشتیبان تصمیم مکانی به‌منظور حل مسئله استفاده کرد. همچنین، عشورنژاد و همکاران (۱۳۹۰) به مکان‌یابی شعب جدید بانک تات با توجه به شعب فعلی آن در منطقهٔ ۶ شهر تهران با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP)[5] پرداختند.

ماشین‌های خودپرداز یکی از مهم‌ترین خدمات بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری است. لازم است به تعداد این دستگاه‌ها و مکان قرارگیری آن‌ها توجه شود. فوکردی (۱۳۸۴) به تعیین معیارهای تأثیرگذار بر مکان‌یابی ماشین‌های خودپرداز و اوزان هر کدام از این معیارها با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی پرداخته است. گلی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از رویکرد تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل فضایی به ارائهٔ چارچوب نوینی در مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز در منطقهٔ ۱۰ شهرداری تهران پرداختند. الفت و فوکردی (۱۳۹۰) با به‌کارگیری داده‌های حاصل از پیمایش مدیران شعب یکی از بانک‌های دولتی ایران و با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی به تبیین الگوی استقرار این نوع ماشین‌ها پرداختند. همچنین، فرجی سبکبار و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی ظرفیت تعداد دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای

1. Spatial Econometrics
2. Analytic hierarchy process
3. Multiple-criteria decision-making
4. Simple Multi-Attribute Rating Technique
5. Fuzzy Analytic Network Process

(ANP) و آنالیز خوشه‌بندی خاکستری (GCA)[1] در حد واسط میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران پرداخته‌اند.

با توجه به مطالعاتی که به آن‌ها اشاره شد، شاهدیم که اغلب مطالعاتی که به شناسایی مکان بهینهٔ استقرار فعالیت‌ها و خدمات مالی و اقتصادی مختلف پرداخته‌اند از روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصان (روش‌های ذهنی)، به‌ویژه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده‌اند. تحقیقاتی که از روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) برای شناسایی و مدلسازی روابط فضایی میان متغیرهای تأثیرگذار در استقرار و پیش‌بینی‌های آتی این مراکز استفاده کرده باشند بسیار اندک است. از این‌رو، شناسایی روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) و بررسی نتایج آن‌ها امری ضروری است.

یکی از روش‌های آمار فضایی و مطرح در اقتصادسنجی فضایی که به مدلسازی روابط فضایی بین مجموعه‌ای از متغیرها می‌پردازد رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR)[2] است. این روش رگرسیونی محلی است که به‌طور معنادار رگرسیون معمولی را برای استفاده در داده‌های مکانی بهبود داده است. در رگرسیون معمولی هر مشاهده مستقل در نظر گرفته می‌شود و با توجه به خودهمبستگی میان داده‌های مکانی در اغلب موارد، استفاده از رگرسیون معمولی روش مناسبی برای مدلسازی روابط میان متغیرهایی با ماهیت فضایی نیست.

هدف اصلی این مقاله بررسی کارایی و نتایج رگرسیون وزنی جغرافیایی در مدلسازی روابط فضایی عوامل مؤثر در استقرار مراکز مالی و اعتباری شهر تهران به کمک متغیرهای اثرگذار در این زمینه است.

مبانی نظری

انسلین (۱۹۸۸) اولین بار چارچوب کاملی از واقعیت‌های اقتصادسنجی فضایی را در کتابی به‌نام *اقتصادسنجی فضایی؛ روش‌ها و مدل‌ها* ارائه کرد. کارهای او مورد استقبال بسیاری از متخصصان اقتصاد، جغرافیا، جامعه‌شناسی و به‌طور کلی علوم منطقه‌ای قرارگرفت (مؤذن‌جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۵). اقتصادسنجی عمومی، دو موضوع یعنی وابستگی فضایی و ناهمسانی فضایی را نادیده می‌گیرد، چرا که در صورت توجه به آن‌ها فروض مورد استفاده در اقتصادسنجی عمومی یعنی فروض گاس- مارکف[3] که خصوصیات مطلوب تخمین‌زننده‌های حداقل مربعات معمولی است نقض خواهد شد. در قضیهٔ گاس- مارکف فرض بر این است که متغیرهای توضیحی در نمونه‌گیری‌های تکراری ثابت است، ولی وجود وابستگی فضایی در میان نمونه‌ها این فرض را نقض می‌کند. همچنین، ناهمسانی فضایی، فرض گاس- مارکف مبنی بر وجود رابطه‌ای خطی و مشخص بین مشاهدات نمونه‌ای را نقض می‌کند، چرا که با فرض وجود وابستگی فضایی میان داده‌ها با حرکت بین داده‌های نمونهٔ فضایی، رابطه تغییر خواهد کرد و ضرایب تابع خطی بر حسب متغیر وابسته نخواهد بود. در نتیجه شیوه‌های اقتصادسنجی عمومی، کاربرد نخواهد داشت و روش مناسب اقتصادسنجی فضایی و روش‌های مختلف آن، به‌ویژه استفاده از تکنیک‌های آمار فضایی است (مؤذن‌جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۰۵).

1. Gray Clustering Analysis
2. Geographically Weighted Regression
3. Gauss-Markov

آمار فضایی امکان انجام تحلیل‌های آماری روی داده‌های فضایی را با درنظرگرفتن بعد فضایی آن‌ها امکان‌پذیر می‌سازد و نقش بسزایی در مدلسازی روابط فضایی دارد. واقعیت این است که پدیده‌های زیادی را می‌توان به کمک این تکنیک‌ها مطالعه و بررسی کرد. آمار فضایی امکان درک رفتار پدیده‌های جغرافیایی، شناسایی الگوها و روندهای موجود در پدیده‌های جغرافیایی و کشف دلایل آن‌ها را فراهم می‌کند. به کمک آمار فضایی می‌توان نحوهٔ توزیع پدیده‌های متعدد در فضا را در یک عدد خلاصه و بسیاری از تصمیم‌هایی را که با ملاحظهٔ نقشه‌ها صورت می‌گیرد با دقت علمی بیشتری اتخاذ کرد (عسگری، ۱۳۹۰: ۱۳، ۱۴). ابزارهای آمار فضایی شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و روش‌ها برای توصیف و مدل‌سازی داده‌های فضایی است. در مواردی که حجم داده‌ها زیاد است و توزیع یا پراکندگی آن‌ها در فضا پیچیده‌تر است، استفاده از آماره‌های فضایی به ما در افزایش دقت نتایج و مشاهدات کمک زیادی می‌کند (همان: ۱۶). این ابزارها عبارت است از:

- ابزارهای تحلیل الگو[1]
- ابزارهای تهیهٔ نقشهٔ خوشه‌ها[2]
- ابزارهای اندازه‌گیری توزیع جغرافیایی[3]
- ابزارهای مدل‌سازی روابط فضایی[4].

مجموعه عملیات آماری فضایی در دسترس در نرم‌افزار سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی شرکت Esri است.

رگرسیون وزنی جغرافیایی

کارلتون، براندسون و فودرینگهام (Brunsdon et al., 1996; Fotheringham et al., 1997; Fotheringham et al., 1998) اصطلاح رگرسیون وزنی جغرافیایی را معرفی کردند (Cardozo et al., 2012).

در رگرسیون خطی داده‌های فضایی در فرایندی ایستا فرض می‌شوند. رگرسیون خطی عمومی به صورت زیر است (مؤذن‌جمشیدی و دیگران، ۱۳۹۰؛ Mennis, 2006):

$$Y_i = \beta_0 + \sum_k \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \qquad i = 1,2,\ldots,n \qquad (1)$$

در اینجا Y_i ارزش تخمین‌زده‌شدهٔ متغیر وابسته برای مشاهدهٔ i، β_0 ضریب ثابت، β_k پارامتر تخمین برای متغیر k، x_{ik} ارزش kامین متغیر برای i و ε_i جزء خطاست که فرض می‌شود به صورت نرمال توزیع شده است.

تخمین پارامترها در اندازه‌گیری این گونه مدل‌ها در فضا ثابت است.

$$\beta' = \left(X^T X\right)^{-1} X^T Y \qquad (2)$$

مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی گسترش‌یافته چارچوب رگرسیون عمومی است. جوهرهٔ اصلی این مدل به صورت زیر است.

1. analyzing patterns
2. mapping clusters
3. measuring geographic distributions
4. modeling spatial relationships

$$y_i = \beta_0(u_i,v_i) + \sum \beta_k(u_i,v_i) X_{ik} + \varepsilon_i \qquad i = ۱,۲,\ldots,n \qquad (۳)$$

جایی که (u_i,v_i) مختصات iامین نقطه در فضا را نشان می‌دهد، $\beta_k(u_i,v_i)$ تابع پیوسته از $\beta_k(u,v)$ در هر نقطهٔ i است و $X_{i1},\ldots, X_{ip}$ متغیرهای توضیحی در نقطهٔ i و ε_i جز خطاست. برای مجموعه داده‌های داده‌شده پارامترهای منطقه‌ای $\beta_k(u,v)$ با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین‌زده می‌شود. وزن‌های W_{ij} برای $j=1,2, \ldots, n$ در هر موقعیت (u_i,v_i) تابع پیوسته‌ای از فواصل بین نقاط i و دیگر نقاط داده‌ای به‌دست می‌آید.

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0(u_۱,v_۱) & \beta_۱(u_۱,v_۱) & \cdots & \beta_p(u_۱,v_۱) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_0(u_n,v_n) & \beta_۱(u_n,v_n) & \cdots & \beta_p(u_n,v_n) \end{bmatrix}$$

این ماتریس، ماتریس پارامترهای منطقه‌ای است. هر سطر از رابطهٔ زیر حاصل شده است.

$$\hat{\beta}(i) = \left(X^T W(i) X\right)^{-۱} X^T W(i) Y \qquad (۴)$$

به طوری که $i=1,2, \ldots, p$ نشان‌دهندهٔ سطرهای ماتریس، X ماتریس متغیرهای مستقل، Y متغیر وابسته و $W(i)$ ماتریس $n\times n$ وزنی فضایی و به‌صورت زیر است:

$$W(i) = diag W_{i۱}, W_{i۲}, \ldots, W_{in} \qquad (۵)$$

$$W(i) = \begin{bmatrix} W_{i۱} & ۰ & \cdots & ۰ \\ ۰ & W_{i۲} & \cdots & ۰ \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ ۰ & \cdots & \cdots & W_{in} \end{bmatrix}$$

تخمین‌زدن در رابطهٔ (۴) تخمین‌زدن حداقل مربعات است، اما ماتریس وزنی ثابت نیست. از این‌رو $W(i)$ باید برای هر نقطهٔ i محاسبه شود و W_{ij} تقریبی از هر نقطهٔ دادهٔ در موقعیت i را نشان می‌دهد. نقاط داده‌ای نزدیک به i دارای وزن بیشتری در تخمین پارامترهای $\beta(i)$ نسبت به نقاط دورتر است. توابع وزنی متفاوتی تعریف‌کردنی است. متداول‌ترین، تابع کرنل گاووسی و تابع وزنی bi-square است.

برخی برتری‌های رگرسیون وزنی جغرافیایی عبارت است از(Cardozo et al., 2012):

- دستیابی به دقت و جزئیات بیشتر (رگرسیون وزنی جغرافیایی به محقق امکان تحلیل محلی را در مقابل دیدی کلی[1] فراهم می‌کند؛ Lloyd, 2010) .
- ضرایب هر یک از پیش‌بینی‌کننده‌ها در سرتاسر فضا متفاوت است. تحلیل چگونگی روابط متفاوت در سرتاسر فضا و تشخیص الگوی فضایی تخمین‌های محلی برای درک درستی از عوامل احتمالی امکان‌پذیر است (Fotheringham et al., 2002).

1. global perspective

- جداسازی ضریب کلی تعیین (R^2)[1] از ضرایب محلی و تحلیل توزیع جغرافیایی آن‌ها امکان تشخیص قدرت توضیحی کمتر یا بیشتر متغیرهای مستقل را به‌وجود می‌آورد(Fotheringham et al., 2002; Lloyd, 2010).
- در اکثر موارد، خطاهای برآوردشده توسط رگرسیون وزنی جغرافیایی نسبت به خطاهای برآوردشده توسط رگرسیون معمولی کوچک‌تر است و مشکل خودهمبستگی فضایی حذف می‌شود یا کاهش می‌یابد (Hadayeghi et al., 2010).
- اجرای این تکنیک در سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید طیف گسترده‌ای از نقشه‌ها (متغیرهای وابسته و مستقل، R^2 محلی، ضرایب محلی، ارزش t و باقیماندهٔ استاندارد) را با استفاده از نتایج تولیدشده تسهیل می‌کند (Mennis, 2006).
- تولید سطوح درون‌یابی‌شده برای شناسایی توزیع پیوستهٔ فضایی از پارامترها و به‌کارگیری اصول پیش‌بینی برای پیداکردن مقادیر مشاهدات ازدست‌رفته امکان‌پذیر است (Anselin, 1988; Páez, 2006).
- رگرسیون وزنی جغرافیایی شناسایی ساختار فضایی مدل را تسهیل می‌کند که اندازه‌گیری درجهٔ وابستگی فضایی موجود در مدل و تشخیص خوشه‌های داده‌هاست.
- نتایج ارائه‌شده برای هر مکان ملاکی برای سیاست‌ها و تصمیم‌گیری‌های محلی استفاده می‌شود. به همین دلیل است که این تکنیک را غالباً مبتنی بر مکان[2] می‌دانند (Smith et al., 2009).

هر چند مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی روشی نسبتاً جدید برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های مکانی است، در بسیاری از موضوعات گوناگون به‌کار گرفته‌شده است، از جمله (Cardozo et al., 2012)

- جنگلبانی (Clement et al, 2009; Pineda et al., 2010; Zhang & Shi, 2004)
- کاربری و پوشش زمین (Ogneva-Himmelberger et al, 2009; Tu & Guo, 2008; Tu, 2011)
- سلامت (Bagheri et al, 2009; Chen & Truong, 2012; Zhang et al, 2012)
- جرم و جنایت (Cahill & Gordon, 2007; Malczewski & Poetz, 2005)
- فضای شهری (Gao & Li, 2011; Hanham & Spiker, 2005; Luo & Wei, 2009).

شاخص موران (Moran's I)

در میان شاخص‌های خودهمبستگی مکانی کلی، شاخص موران (Moran's I) به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. این شاخص دلالت قراردادی، از میزان ارتباط خطی بین ارزش‌های مشاهده‌شده و میانگین‌های ارزش‌های مجاور و به طور فضایی وزن‌داده‌شده را در اختیار می‌گذارد. شاخص موران نشان می‌دهد که آیا خوشه‌بندی در مجموعهٔ داده وجود دارد و به صورت رابطهٔ (۶) محاسبه می‌شود.

1. global coefficient of determination
2. place based

$$I = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(x_j - \bar{x}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\right)\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2} \qquad (۶)$$

که در آن n تعداد نواحی، x_i مقدار متغیر در ناحیهٔ i، x_j مقدار متغیر در ناحیهٔ j، $\bar{x}$ میانگین متغیر در تمامی نواحی، و w_{ij} وزن به‌کاررفته برای مقایسهٔ دو ناحیهٔ i و j است.

ارزش I بزرگ‌تر از ارزش مورد انتظار $E(I) = -1/(n-1)$ نشان‌دهندهٔ خودهمبستگی مکانی مثبت و ارزش I کوچک‌تر از ارزش مورد انتظار $E(I) = -1/(n-1)$ نشان‌دهندهٔ خودهمبستگی مکانی منفی است. دامنهٔ تغییرات ارزش Moran's I از ۱+ (خودهمبستگی مکانی مثبت کامل) تا ۱− (خودهمبستگی مکانی منفی کامل) است (حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۴).

روش تحقیق

مناسب‌بودن جایگاهی خاص برای هر فعالیت یا خدمات و پیش‌بینی وضعیت آتی آن، به عوامل و متغیرهایی بستگی دارد که در استقرار آن فعالیت یا خدمات اثرگذار است (فوکردی، ۱۳۸۴: ۱۹). در نتیجه، در این تحقیق از عوامل و متغیرهای استقرار بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری بر اساس تحقیقات پیشین و تجمیع آن‌ها بر اساس نظرات کارشناسان استفاده شد (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۱؛ عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۰؛ گلی و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق برای مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در مکان‌های بهینهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری از متغیرهای مراکز آموزشی و فرهنگی، اداری، تفریحی، بهداشتی و درمانی، اقتصادی و تجاری، ترافیکی، حمل و نقلی و جمعیتی به عنوان متغیر مستقل و از وضعیت فعلی شعب مراکز مالی و اعتباری به عنوان متغیر وابسته در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده شد. دلیل استفاده از این متغیرهای مستقل، جاذب جمعیت‌بودن آن‌هاست، به‌طوری که وجود آن‌ها جمعیتی را به‌دنبال خواهد داشت که در اغلب موارد نیاز به حضور بانک‌ها و مؤسسات مالی و خدمات آن‌ها (دستگاه‌های خودپرداز و جزآن) برای انجام امور مالی این جمعیت خواهد بود. جدول ۱ فهرستی از این متغیرها به همراه منابع این داده‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه برای تحلیل‌های فضایی لزوم واحد پایه ضرورت پیدامی‌کند، وجود مشکلی به نام MAUP[1] در این تحلیل‌ها مطرح می‌شود (بهنام‌مرشدی، ۱۳۹۱: ۵۷). منطقه‌بندی کنونی فضای شهری براساس دستور و قوانین دولت‌های محلی و دستگاه‌های دولتی بدون هیچ دستورالعمل خاصی و تنها براساس شرایط محلی منطقه انتخاب می‌شود و دارای ناهمگنی در این تقسیمات است. برای اینکه اطلاعات ما از الگوی فضایی همگنی برخوردار باشد، می‌توانیم این مناطق را براساس توزیع مناسب داده‌ها و نوع فعالیتی که می‌خواهیم انجام دهیم، تقسیم‌بندی کنیم. یک روش برای تقسیم منطقهٔ مورد مطالعه، به‌طوری که تحریف جغرافیایی به حداقل رسانده شود، ساخت شبکه با اندازه‌های برابر برای داده‌های سرشماری است، که می‌توان با ایجاد این شبکه آن را به‌دست آورد (Huff & Mc Callum, 2008).

1. modifiable areal unit problem

جدول ۱. فهرست عوامل مؤثر در شناسایی پهنه‌های بهینهٔ اقتصادی

متغیر	نوع متغیر	لایه‌های مکانی مورد استفاده	منبع دادهٔ رقومی
شعب فعلی مراکز مالی و اعتباری	وابسته	مراکز مالی و اعتباری	نقشهٔ اطلاعات مکانی شهری سازمان فناوری اطلاعات تهران POI (Point of Interest) بر مبنای نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰
آموزشی و فرهنگی	مستقل	دانشگاه، هنرستان، دبیرستان، مدرسهٔ راهنمایی، دبستان، کتابخانه، آموزشگاه‌های آزاد، مسجد، خانهٔ فرهنگ، نگارخانه، کودکستان، مهد کودک، کلیسا	
اداری	مستقل	شهرداری، سفارتخانه، ادارات دولتی، دفتر اسناد	
تفریحی	مستقل	پارک، فضای سبز، تئاتر، سینما، باشگاه‌های ورزشی، هتل، مسافرخانه، موزه	
بهداشتی و درمانی	مستقل	بیمارستان، داروخانه، درمانگاه، کلینیک، آزمایشگاه، ساختمان پزشکان، اورژانس	
اقتصادی و تجاری	مستقل	فروشگاه‌های زنجیره‌ای، مراکز خرید، شرکت تعاونی، پمپ بنزین، مراکز تجاری	
ترافیک	مستقل	میادین اصلی	
حمل‌ونقل	مستقل	ایستگاه مترو، ایستگاه اتوبوس‌های تندرو	
جمعیت	مستقل	تراکم جمعیت	بلوک جمعیتی سازمان آمار بر مبنای نقشه با مقیاس ۱:۲۰۰۰ مرکز آمار

منبع: (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۱؛ عشورنژاد و همکاران، ۱۳۹۰؛ گلی و همکاران، ۱۳۸۹)

در این تحقیق از ابزار Repeating Shapes با ساختن پلیگون‌هایی شش‌ضلعی[1] در نرم‌افزار ArcGIS برای تقسیم‌بندی فضای مورد مطالعه استفاده شد. داده‌های هر کدام از متغیرها در این واحدها تجمیع شد. در ادامه، مدل رگرسیون فضایی (رگرسیون وزنی جغرافیایی) جهت مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در مکان‌های بهینهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری با استفاده از ابزارهای آمار فضایی[2] در نرم‌افزار ArcGIS اجراشد. در این تحقیق، در کنار معیار

1. hexagon
2. spatial statistics toolbox

اطلاعاتی آکاییک (AIC)[1] برای تعیین آستانهٔ مشاهدات، از کرنل ثابت[2] استفاده شد که برای مشاهداتی با توزیع نسبتاً ثابت (اندازه، تعداد همسایه‌ها) در سراسر فضا مناسب‌تر است. همچنین، به‌منظور پی‌بردن به دقت و اهمیت رگرسیون وزنی جغرافیایی، خروجی‌های حاصل از این مدل ارزیابی شد.

بحث و یافته‌ها

در ابتدا و پیش از اجرای مدل، خودهمبستگی فضایی برای تمامی متغیرها محاسبه شد (جدول ۲). همان‌گونه که مشاهده می‌شود نتایج، خودهمبستگی فضایی را که به‌طور معمول در داده‌های مکانی وجود دارد تأیید می‌کند.

جدول ۲. نتایج حاصل از خودهمبستگی فضایی متغیرهای مدل

متغیر (نوع متغیر)	نوع متغیر	Moran's I	Expected I	Pattern	z-score	p-value
شعب فعلی مراکز مالی و اعتباری	وابسته	۰/۴۷۴۹۶۳	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۴۳/۸۲۲۶۷۸	۰/۰۰۰۰۰۰
آموزشی و فرهنگی	مستقل	۰/۴۷۷۳۱۱	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۴۳/۹۹۰۷۸۶	۰/۰۰۰۰۰۰
اداری	مستقل	۰/۶۶۲۸۶۰	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۶۱/۳۵۵۰۴۳	۰/۰۰۰۰۰۰
تفریحی	مستقل	۰/۳۴۷۹۳۷	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۳۲/۱۲۰۹۵۳	۰/۰۰۰۰۰۰
بهداشتی و درمانی	مستقل	۰/۳۵۴۱۶۶	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۳۲/۶۸۸۸۱۰	۰/۰۰۰۰۰۰
اقتصادی و تجاری	مستقل	۰/۵۳۹۷۸۴	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۴۹/۸۲۰۸۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰
ترافیک	مستقل	۰/۱۹۸۵۵۴	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۱۸/۳۷۴۸۴۲	۰/۰۰۰۰۰۰
حمل‌ونقل	مستقل	۰/۴۶۴۶۲۰	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۴۳/۰۳۵۹۴۴	۰/۰۰۰۰۰۰
جمعیت	مستقل	۰/۵۱۷۲۸۲	-۰/۰۰۰۳۲۶	Clustered	۴۷/۶۹۷۳۳۳	۰/۰۰۰۰۰۰

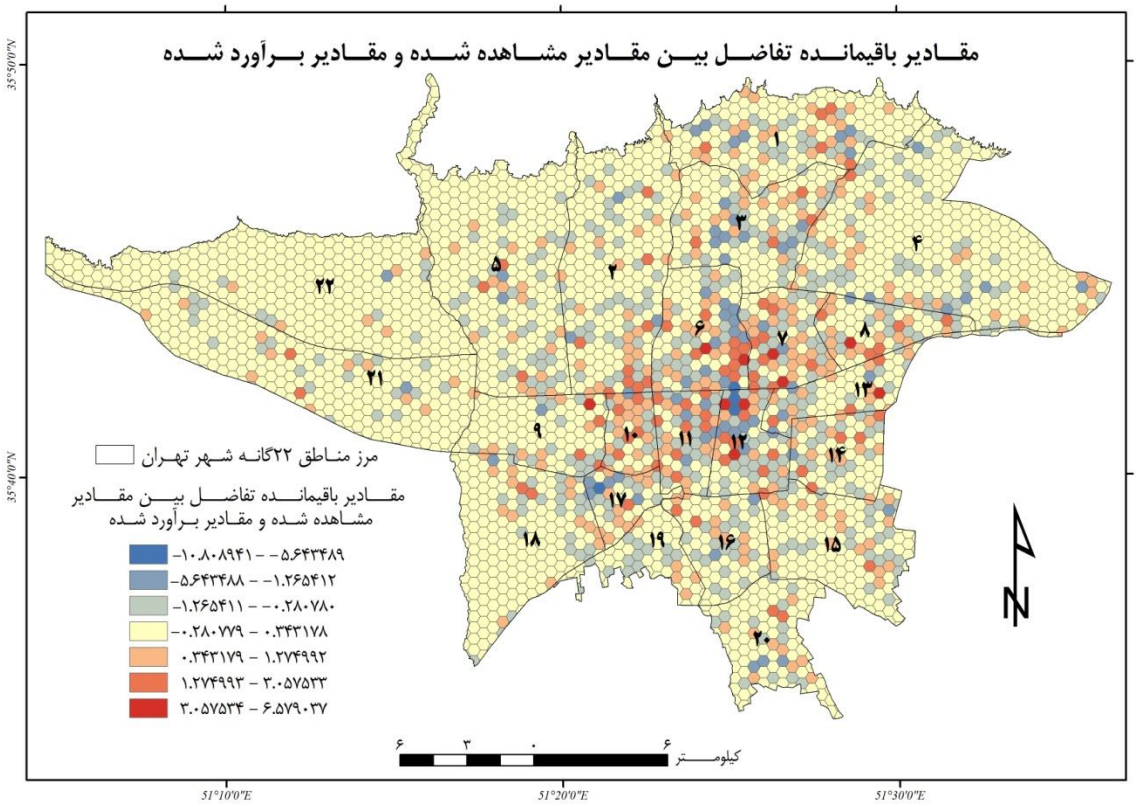
منبع: نگارندگان

پس از اجرای رگرسیون وزنی جغرافیایی روی پارامترهای مدل، انواع خروجی‌ها حاصل می‌شود. اولین خروجی، اطلاعات عمومی مربوط به مدل برآورد شده است (جدول۳). این خروجی پارامترهای مدل، همچنین آماره‌هایی را نشان می‌دهد که میزان خوبی مدل را منعکس می‌کند. مهم‌ترین مقادیر در اینجا مقادیر R^2 و R^2 تعدیل‌شده (Adjusted R^2) است که در حقیقت بیانگر خوبی و دقت مدل مورد استفاده است. هر چه این مقادیر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، به معنای آن است که متغیرهای توصیفی مورد استفاده توانسته‌اند به‌خوبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند. همان‌گونه که در

1. Akaike Information Criterion
2. fixed Kernal

جدول ۲ مشاهده می‌شود، مدل مورد نظر با R^2 برابر با ۰/۸۸۸۳ و R^2 تعدیل‌شدهٔ برابر با ۰/۸۸۴۱ دارای دقت قابل‌قبولی در مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در استقرار مراکز مالی و اعتباری است.

سایر خروجی‌ها به صورت فیلدهایی در جدول ویژگی‌های لایهٔ خروجی ظاهر می‌شود که می‌توان برای اغلب آن‌ها نقشه‌های مورد نظر را نیز تهیه کرد. جدول ویژگی‌های لایهٔ خروجی دارای فیلدهای مقادیر محلی برآوردشده برای متغیر وابستهٔ y، ضرایب تخمین، خطای استاندارد و تعدادی آماره برای بررسی مدل تخمین‌زده است. یکی از این فیلدها که برای دقت و کارایی مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده می‌شود، توجه به وجود خودهمبستگی معنادار آماری در بین مقادیر باقیمانده (تفاضل بین مقادیر مشاهده‌شده و مقادیر برآوردشدهٔ رگرسیون) است (شکل۱) که وجود آن نشان‌دهندهٔ عدم دقت مدل رگرسیون و ازقلم‌افتادن یک متغیر کلیدی است. خودهمبستگی برآوردشده روی مقادیر باقیماندهٔ حاصل از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی با استفاده از آمارهٔ موران I (Moran's I) از عدم خودهمبستگی معنادار حکایت می‌کند، به‌طوری که این شاخص با عددی برابر با ۰/۰۲۶۳۳۷ و نزدیک به صفر از عدم وجود هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصهٔ مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر حکایت می‌کند. علاوه‌بر این، با مقایسهٔ میزان این شاخص با شاخص خودهمبستگی میان هر کدام از متغیرهای مؤثر (جدول ۲) می‌توان به تفاوت آشکار میان آن‌ها و ضعیف‌بودن خودهمبستگی در مقادیر باقیمانده دست‌یافت.



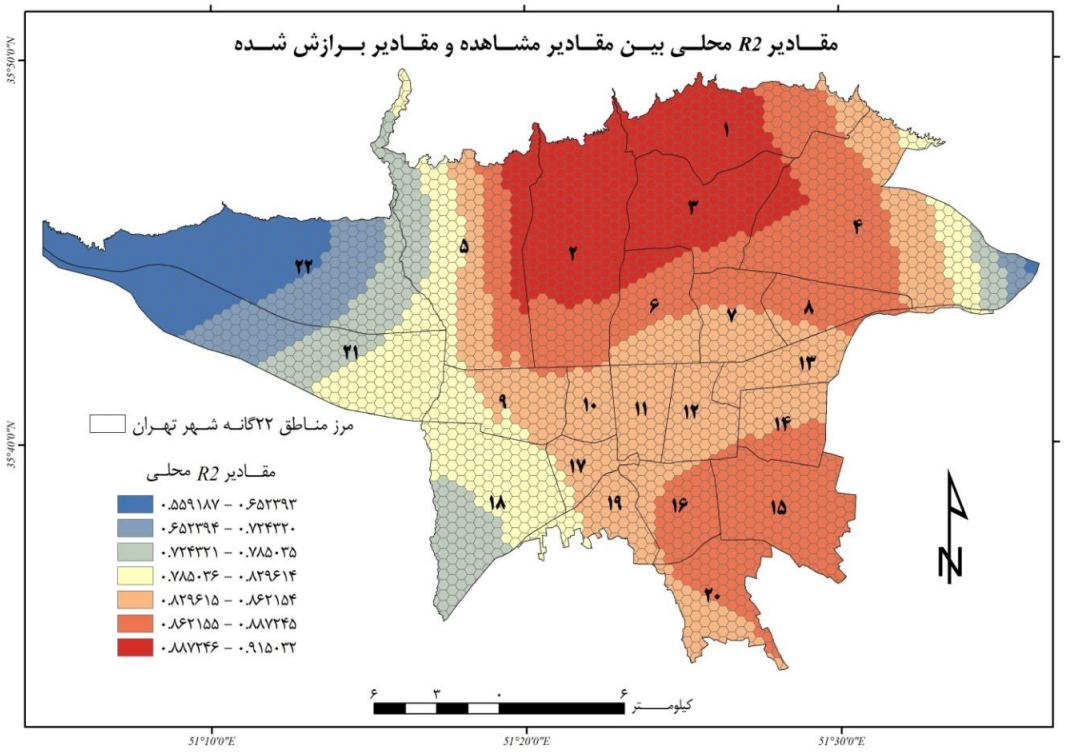
شکل ۱. مقادیر باقیماندهٔ تفاضل بین مقادیر مشاهده‌شده و مقادیر برآوردشده

نقشهٔ حاصل از مقادیر R^2 محلی (شکل ۲) برخلاف R^2 محاسبه‌شده برای کل مدل (جدول ۳) که از کارایی کلی مدل حکایت می‌کرد، بیانگر میزان دقت برآورد مدل به صورت محلی است. این مقادیر بین صفر تا یک متغیر است و مقادیر بسیار کم از عدم پیش‌بینی قوی رگرسیون وزنی جغرافیایی حکایت می‌کند و ممکن است نشانه‌ای در مورد متغیرهای مهمی ارائه کند که در مدل رگرسیون از دست رفته باشد.

جدول ۳. اطلاعات عمومی مربوط به مدل برآوردشده و حاصل از رگرسیون وزنی جغرافیایی

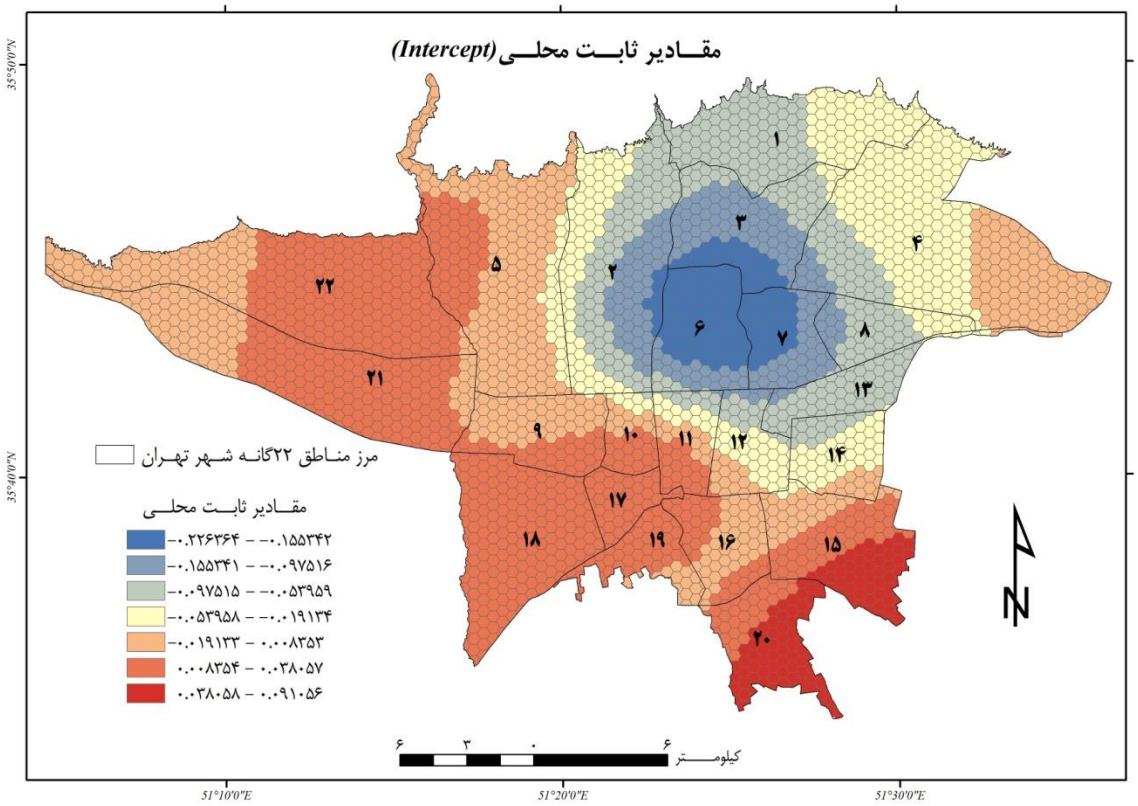
پارامترهای مدل	نتایج مدل
طول باند	۴۹۲۴/۸۶۶۳۳۷۹
مجموع مربعات باقی‌مانده	۱۴۸۰/۶۸۸۹۶۱۷
تعداد متغیرهای تأثیرگذار	۱۱۱/۶۸۴۶۹۹۸
Sigma	۰/۷۰۷۵۹۲۳
AICc	۶۶۳۷/۵۹۶۵۰۷۳
R^2	۰/۸۸۸۲۷۲۴
R^2 تعدیل‌شده	۰/۸۸۴۰۹۰۸

منبع: نگارندگان



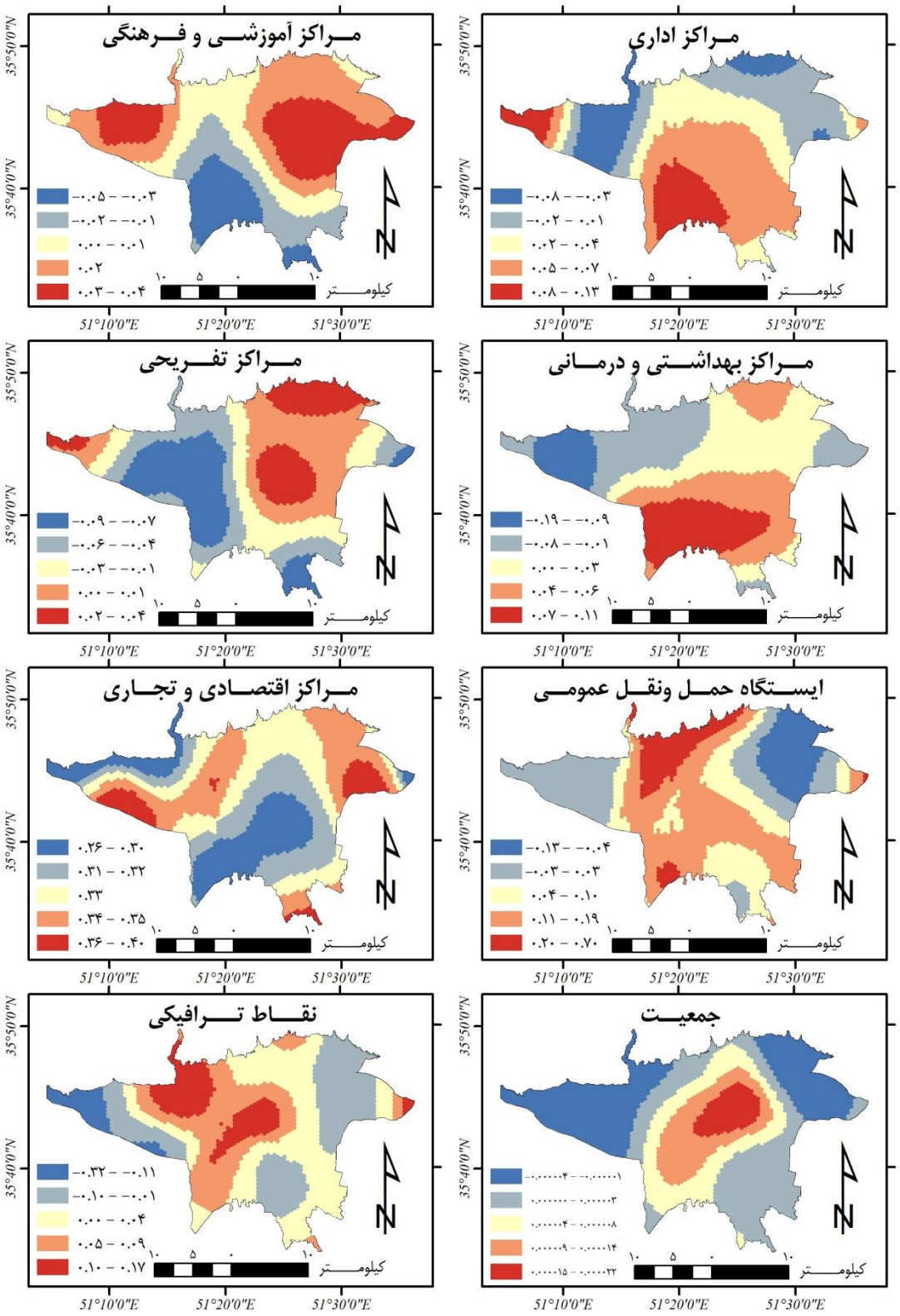
شکل ۲. مقادیر R^2 محلی بین مقادیر مشاهده‌شده و مقادیر برازش‌شده

شکل ۲ نشان می‌دهد که مدل در مناطق شمالی و بعد از آن در مناطق مرکزی و جنوب‌شرقی قابلیت پیش‌بینی بیشتری نسبت به مناطق غربی دارد. علاوه‌بر این، مقادیر خروجی ارزشی بیش از ۰/۵ را برای تمامی مناطق نشان می‌دهد. مقدار ثابت محلی $\beta_o(u_i, v_i)$ (در رابطهٔ ۳) یکی دیگر از خروجی‌های حاصل از مدل است (شکل ۳).



شکل ۳. مقادیر ثابت محلی حاصل از مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی

از جمله نقشه‌های دیگری که می‌توان از خروجی‌های مدل تهیه کرد، فیلدهای مربوط به ضرایب محلی تخمین‌زده شده است که برای هر یک از متغیرهای توصیفی قابل تهیه است ($\beta_k(u_i, v_i)$ در رابطهٔ ۳). شکل ۴ ضرایب تخمین‌زده شده برای متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل را نشان می‌دهد. نقشه‌های ضرایب محلی نشان می‌دهد که تأثیر این متغیرها در مدل به میزان قابل‌توجهی در منطقهٔ مورد مطالعه تغییر می‌کند و دارای جهت خاصی است.



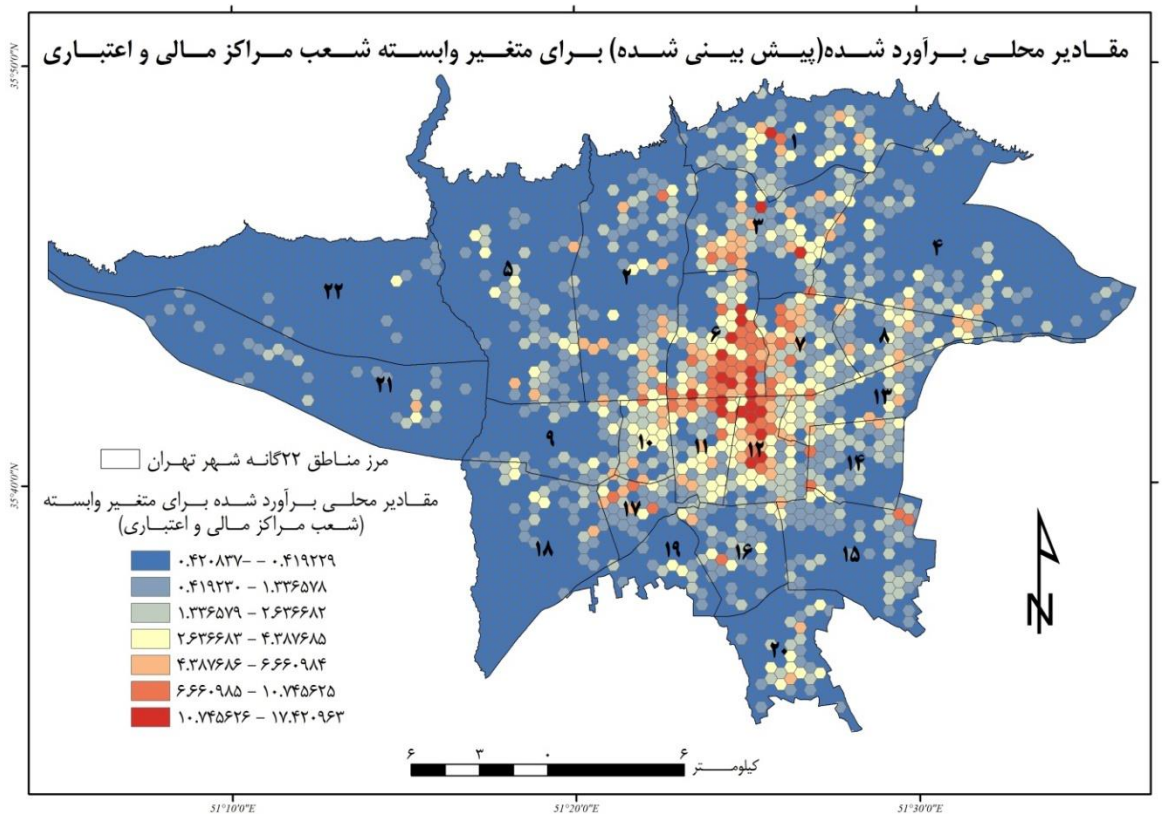
شکل ۴. ضرایب محلی تخمین‌زده‌شده برای متغیرهای مستقل مورد استفاده در مدل

شکل ۵ و جدول ۴ محدوده‌های پیش‌بینی‌شده برای استقرار مراکز مالی و اعتباری را به‌وسیلهٔ رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌شود این مدل توانسته است تا حدود زیادی مکان استقرار این مراکز را پیش‌بینی کند.

جدول۴. محدوده‌های پیش‌بینی‌شدهٔ رگرسیون وزنی جغرافیایی برای استقرار مراکز مالی و اعتباری در شهر تهران

اولویت	محدودهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری	اولویت	محدودهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری
۱	میدان تجریش	۸	تقاطع خیابان انقلاب با خیابان ولیعصر
۲	میدان انقلاب	۹	تقاطع خیابان فردوسی با خیابان جمهوری اسلامی
۳	میدان فردوسی	۱۰	تقاطع خیابان دکتر فاطمی با میدان جهاد
۴	میدان امام خمینی	۱۱	تقاطع خیابان شهید بهشتی با خیابان‌های خالد اسلامبولی و خیابان ولیعصر
۵	میدان ۱۵خرداد		
۶	میدان ولیعصر	۱۲	تقاطع بلوار کشاورز با خیابان جویبار
۷	میدان مادر	۱۳	خیابان آفریقا

منبع: نگارندگان



شکل ۵. مقادیر محلی برآوردشده (پیش‌بینی‌شده) برای متغیر وابستهٔ شعب مراکز مالی و اعتباری

نتیجه‌گیری

اهمیت مکان استقرار مراکز مالی و اعتباری در کنار مجموعه‌ای از عوامل اثرگذار روی آن، مدلسازی روابط میان این عوامل را ضروری کرده است. با توجه به خودهمبستگی فضایی که به‌طور معمول در داده‌های فضایی وجود دارد، استفاده از معادلهٔ رگرسیون به‌صورت محلی تنظیم‌شده برای شناسایی روابط میان متغیرهای فضایی ضروری است. رگرسیون وزنی جغرافیایی یکی از روش‌های آمار فضایی و مطرح در اقتصادسنجی فضایی است که به مدلسازی روابط فضایی در بین مجموعه‌ای از متغیرها می‌پردازد. این نتایج به مدیران و برنامه‌ریزان مراکز مالی و اعتباری در تحلیل منطقه به‌منظور شناسایی مکان‌های مستعد اقتصادی استقرار شعب جدید و خدمات آن‌ها کمک بزرگی می‌کند. همچنین، به شناسایی وضعیت فعلی آن‌ها در برابر سایر رقبا به‌منظور برنامه‌ریزی‌های فعلی و آتی یاری می‌رساند.

همان‌گونه که نتایج تحقیق نشان می‌دهد رگرسیون وزنی جغرافیایی با درنظرگرفتن تغییرات فضایی در روابط میان متغیرها و به‌دست‌آوردن پارامترهای محلی، روابط میان عوامل اثرگذار در شناسایی مکان بهینهٔ استقرار مراکز مالی و اعتباری را با دقت مناسبی (R^2 برابر با ۰/۸۸۸۳ و R^2 تعدیل‌شده برابر با ۰/۸۸۴۱) مدلسازی کرده است. علاوه‌بر این، نقشهٔ حاصل از مقادیر R^2 محلی نشان می‌دهد که مدل در مناطق شمالی و بعد از آن در مناطق مرکزی و جنوب‌شرقی قابلیت پیش‌بینی بیشتری نسبت به مناطق غربی دارد. علاوه‌بر این، مقادیر خروجی ارزشی بیش از ۰/۵ را برای تمامی مناطق نشان می‌دهد.

نکتهٔ دیگر که پیشنهادی برای تحقیقات آتی است، تلفیق نتایج حاصل از این روش و سایر روش‌های مبتنی بر داده‌ها نظیر شبکهٔ عصبی- مصنوعی با روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصان است. از آنجا که هم روش‌های مبتنی بر نظرات متخصصان (روش‌های ذهنی) و هم روش‌های مبتنی بر داده‌ها (روش‌های عینی) بر اساس ویژگی‌های خاصشان نتایج متفاوتی تولید می‌کند، استفادهٔ هم‌زمان از مجموعه‌ای از این روش‌ها امید بیشتری در بهبود نتایج طبقه‌بندی ایجاد می‌کند. به‌منظور حل مشکلات این روش‌ها به صورت انفرادی، تلاش‌های گسترده‌ای در زمینهٔ ترکیب آن‌ها صورت پذیرفته است. یکی از مهم‌ترین و کارآمدترین این تلاش‌ها، مفهوم ادغام در سطح تصمیم‌گیری است.

علاوه‌بر مورد فوق، باید متذکر شد که نتایج بسیاری از تحلیل‌های تصمیم که در رابطه با نواحی جغرافیایی مطرح می‌شود به نواحی و سطوح خاص مورد استفاده در تحلیل حساس است. از این‌رو، مسئلهٔ حصول نتایج مختلف در صورت استفاده از واحدهای سطحی با اندازهٔ متفاوت که با نام MAUP شناخته می‌شود، ضروری است. از جمله مواردی که ضرورت بررسی MAUP در آن احساس می‌شود تحلیل‌هایی است که با روش‌های مختلف آمار فضایی، به‌ویژه رگرسیون وزنی جغرافیایی انجام می‌شود. اندازه و شکل مناسب واحدهای پایه در نتایج نهایی مدل رگرسیون فضایی (رگرسیون وزنی جغرافیایی) اثرگذار است و انتخاب نوع کرنل متناسب با این واحدهای پایه به‌منظور دستیابی به نتایج مناسب ضروری است. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود تا در تحقیقات آتی به این موضوع در رابطه با پیش‌بینی مکان استقرار شعب و خدمات مراکز مالی و اعتباری پرداخته شود و نتایج به‌دست‌آمده با اندازه و شکل متفاوت واحدهای پایه با نوع کرنل ارزیابی و مقایسه شود.

منابع

الفت لعیا، فوکردی رحیم، ۱۳۹۰، **تبیین الگوی استقرار ماشین‌های خودپرداز**، کاوش‌های مدیریت بازرگانی، شمارهٔ ۵، ۹۶-۷۴.

بهنام‌مرشدی حسن، ۱۳۹۱، **برنامه‌ریزی فضایی خدمات گردشگری، مطالعهٔ موردی: محورهای اصلی استان فارس**، استاد راهنما حسنعلی فرجی سبکبار، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ جغرافیا.

حاتمی نژاد حسین، پوراحمد احمد، منصوریان حسین، رجایی عباس، ۱۳۹۲، **تحلیل مکانی شاخص‌های کیفیت زندگی در شهر تهران**، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، صص. ۲۹- ۵۶.

رهنمایی محمدتقی، مولایی هشجین نصراله، رشیدارده حبیب‌اله، ۱۳۹۱، **تحلیل مکانی- فضایی شعب بانک ملی شهر رشت به منظور خدمات رسانی بهینه به مشتریان**، جغرافیا(فصلنامهٔ علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال دهم، شمارهٔ ۳۴، صص. ۴۷- ۶۴.

سلطانی علی، احمدیان علیرضا، اسمعیلی‌ایوکی یوسف، ۱۳۸۹، **کاربرد مدل رگرسیون وزن‌دار فضایی(GWR) در بررسی روابط بین متغیرهای فضایی در یک پهنه شهری، نمونهٔ موردی منطقهٔ ۷ شهرداری تهران**، آرمانشهر، سال سوم، شمارهٔ ۴، صص. ۹۹- ۱۱۰.

عسگری علی، ۱۳۹۰، **تحلیل‌های آمار فضایی با ArcGIS**، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، تهران.

عشورنژاد غدیر، فرجی سبکبار حسنعلی، علوی‌پناه سید کاظم، نامی محمدحسن، ۱۳۹۰، **مکانیابی شعب جدید بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی(Fuzzy ANP)**، پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شمارهٔ ۷، ۲۰-۱.

فرجی سبکبار حسنعلی، عشورنژاد غدیر، رحیمی سعید، فرهادی‌پور احمد، ۱۳۹۱، **ارزیابی ظرفیت تعداد دستگاه‌های خودپرداز در شعب بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری با استفاده از (ANP) و (GCA) مطالعهٔ موردی: حد واسط میدان انقلاب تا میدان فردوسی خیابان انقلاب تهران**، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، شمارهٔ ۱۴، ۴۲-۲۳.

فرهمند شکوفه، فروغی فردوس، ۱۳۹۰، **تحلیل فضایی عوامل مؤثر بر قیمت مسکن در ایران (رهیافت رگرسیون وزنی جغرافیایی)**، سومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد مقدس.

فوکردی رحیم، ۱۳۸۴، **طراحی الگویی جهت تعیین نظام استقرار تسهیلات ارائه‌دهندهٔ خدمات در مناطق شهری(مطالعه موردی: جایابی ماشین‌های خودپرداز بانک کشاورزی در منطقه ۱۰ شهرداری تهران)**، استاد راهنما الفت لعیا، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکدهٔ حسابداری و مدیریت.

قربانی مسعود، ۱۳۸۸، **طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم حامی تصمیم مکانی(SDSS) مطالعهٔ موردی: تعیین شعب بهینهٔ بانکی**، استاد راهنما صمدزادگان فرهاد و رجبی محمدعلی، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، گروه مهندسی نقشه‌برداری.

گلی علی، الفت لعیا، فوکردی رحیم، ۱۳۸۹، **مکان‌یابی دستگاه‌های خودپرداز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) مطالعهٔ موردی: شعب بانک کشاورزی منطقهٔ ۱۰ شهرداری تهران**، جغرافیا و توسعه ، شمارهٔ ۱۸، ۹۳-۱۰۸.

موذن جمشیدی سیده هما، مقیمی مریم، اکبری نعمت الـه، ۱۳۹۰، **تحلیل تـأثیر انـدازهٔ دولـت بـر توسـعهٔ انسـانی در کشورهای OIC (رهیافت رگرسیون وزنی جغرافیایی(GWR))**، مطالعات و پژوهش‌های شـهری و منطقـه‌ای، سال دوم، شمارهٔ ۸، صص. ۹۵- ۱۱۶.

موسوی ناصر، ۱۳۸۰، **اولویت‌بندی و انتخاب مکان مناسب شعب بانک کشاورزی با استفاده از تکنیک تجزیـه و تحلیل سلسله مراتبی(AHP)**، استاد راهنما جعفرنژاد احمد، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ مدیریت.

Anselin, L., 1988, **Spatial Econometrics: Methods and Models**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Bagheri, N., Holt, A., & Benwell, G. L., 2009, **Using geographically weighted regression to validate approaches for modelling accessibility to primary health care**, Applied Spatial Analysis and Policy, Vol.2, No.3, pp. 177-194.

Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., Charlton, M. E., 1996, **Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity**, Geographical Analysis, Vol.28, No.4, pp. 281-298.

Cahill, M., & Gordon, M., 2007, **Using geographically weighted regression to explore local crime patterns**, Social Science Computer Review, Vol.25, No.2, pp. 174-193.

Cardozo, O.D., García-Palomares, J.C., & Gutiérrez, J., 2012, **Application of geographically weighted regression to the direct forecasting of transit ridership at station-l evel**, Applied Geography, Vol. 34, pp. 548-558.

Chen, D.-R., & Truong, K., 2012, **Using multilevel modeling and geographically weighted regression to identify spatial variations in the relationship between place-level disadvantages and obesity in Taiwan**, Applied Geography, Vol.32, No.2, pp. 737-745.

Clement, F., Orange, D., Williams, M., Mulley, C., & Epprecht, M., 2009, **Drivers of afforestation in Northern Vietnam: assessing local variations using geographically weighted regression**, Applied Geography, Vol.29, No.4, pp. 561-576.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. E., 2002, **Geographically weighted regression: The analysis of spatially varying relationships**, Chichester: Wiley.

Fotheringham, A. S., Charlton, M., Brunsdon, C., 1997, **Measuring spatial variations in relationships with geographically weighted regression**. In M. M. Fischer, & A. Getis (Eds.), Recent developments in spatial analysis (pp. 60-82), Berlin: Springer.

Fotheringham, A. S., Charlton, M., Brunsdon, C., 1998, **Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis**, Environment and Planning A, Vol.30, No.11, pp. 1905-1927.

Gao, J., & Li, S., 2011, **Detecting spatially non-stationary and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using geographically weighted regression**, Applied Geography, Vol.31, No.1, pp. 292-302.

Hadayeghi, A., Shalaby, A. S., & Persaud, B. N., 2010, **Development of planning level transportation safety tools using geographically weighted poisson regression**, Accident Analysis and Prevention, Vol.42, No.2, pp. 676-688.

Hanham, R., & Spiker, J. S., 2005, **Urban sprawl detection using satellite imagery and**

geographically weighted regression. In R. R. Jensen, J. D. Gatrell, & D. D. McLean (Eds.), Geo-spatial technologies in urban environments (pp. 137-151). Berlin: Springer.

Huff, D., McCallum, B. M., 2008, **Calibrating the Huff Model Using ArcGIS Business Analyst**, An ESRI White Paper .

Lloyd, C. D., (2010), **Local models for spatial analysis**, Boca Raton: Taylor & Francis.

Luo, J., & Wei, Y. H. D., 2009, **Modeling spatial variations of urban growth patterns in Chinese cities: the case of Nanjing**, Landscape and Urban Planning, Vol.91, No.2, pp. 51-64.

Malczewski, J., & Poetz A., 2005, **Residential Burglaries and Neighborhood Socioeconomic Context in London, Ontario: Global and Local Regression Analysis**, The Professional Geographer **57**(4): 516-529.

Mennis, J., 2006, **Mapping the results of geographically weighted regression**, *The Cartographic Journal*,Vol.43, No.2, pp. 171-179.

Ogneva-Himmelberger, Y., Pearsall, H., & Rakshit, R., 2009, **Concrete evidence & geographically weighted regression: a regional analysis of wealth and the land cover in Massachusetts**, Applied Geography, Vol.29, No.4, pp. 478-487.

Páez, A., 2006, **Exploring contextual variations in land use and transport analysis using a probit model with geographical weights**, Journal of Transport Geography, Vol.14, No.3, pp. 167-176.

Pineda, N. B., Bosque-Sendra, J., Gómez-Delgado, M., & Franco, R., 2010, **Exploring the driving forces behind deforestation in the state of Mexico (Mexico) using geographically weighted regression**, Applied Geography, Vol.30, No.4, pp. 576-591.

Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. A., 2009, **Geospatial analysis. A comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. Leicester: Matador.

Tu, J., 2011, **Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression**, Applied Geography, Vol.31, No.1, pp. 376-392.

Tu, J., & Guo, X., 2008, **Examining spatially varying relationships between land use and water quality using geographically weighted regression I: model design and evaluation**, Science of the Total Environment, Vol.407, No.1, pp. 358-378.

Zhang, L., & Shi, H., 2004, **Local modeling of tree growth by geographically weighted regression**, Forest Science, Vol.50, No.2, pp. 225-244.

Zhang, P., Wong, D. W., So, K. L., & Lin, H., 2012, **An exploratory spatial analysis of western medical services in Republican Beijing**, Applied Geography, Vol.32, No.2, pp. 556-565.