

تحلیلی بر ساختار و هسته‌های عملکردی شهر از منظر الگوهای فضایی، زمانی و تحرک انسانی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)

جعفر مهران‌پور^۱، محمدرضا پورمحمدی^{۲*}، شهریار روستایی^۲

۱- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، پردیس خودگردان دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

Email: pourmohammadi@tabrizu.ac.ir

چکیده

ساختار فضایی شهر، الگوی توزیع جمعیتی و عملکردها را شامل می‌شود که از طریق شبکه‌های ارتباطی به صورت سیستمی با هم در ارتباط می‌باشند. در این راستا، به منظور کاهش عدم تعادل‌ها در ساختار فضایی شهر، بررسی توزیع فضایی عملکردها و همچنین الگوهای زمانی و تحرک جمعیتی در ارتباط با این عملکردها ضروری می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از تحقیق حاضر بررسی ساختار و هسته‌های عملکردی کلان‌شهر تبریز از منظر الگوهای فضایی، زمانی و تحرک انسانی است. روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی با ماهیت علی-همبستگی می‌باشد که به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات در بخش توزیع تراکمی و فضایی هسته‌های عملکردی از روش تخمین تراکمی کرنل و در بخش روابط فضایی عملکردها از شاخص موران استفاده شده است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که بر اساس ارزش شاخص موران برای هسته‌های عملکردی یعنی 0.317598 در سطح اطمینان ۹۹ درصد و ارزش شاخص Z-score یعنی 15.000557 ، می‌توان گفت که پراکندگی هسته‌های عملکردی در حالت خوشه‌بندی می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج می‌توان عنوان کرد که کلان‌شهر تبریز در یک حالت تک‌هسته‌ای (مرکز شهر) قرار داشته و با توجه به افزایش توزیع عملکردهای اداری، درمانی و تفریحی در مناطق شرقی و صنایع در مناطق غربی، قابلیت تبدیل به یک الگوی توسعه‌ای چندهسته‌ای در ساختار فضایی خود را دارد. الگوهای زمانی و تحرک انسانی نیز تک‌هسته‌ای بودن شهر در بخش مرکزی و شکل‌گیری هسته‌های فرعی در پیرامون شهر را مورد تأیید قرار می‌دهد. بنابراین بازاندیشی در توزیع فضایی عملکردها با جانمایی بهینه‌ی آنها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در ساختار فضایی کلان‌شهر تبریز می‌باشد.

واژگان کلیدی: ساختار فضایی شهر، عملکردهای شهری، تحرک‌های جمعیتی، کلان‌شهر تبریز

An Analysis of the Structure and Functional Cores of the City from the Perspective of Spatial, Temporal and Human Mobility Patterns (Case Study: Tabriz Metropolis)

Jafar Mehranpour¹, Mohammadreza Pourmohammadi², Shahrivar Rostaee²

1. Ph.D. Student of Architecture, Department of Geography and Urban Planning, Tabriz University, Autonomous Campus, Tabriz, Iran.

2- Corresponding author, Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* Email: pourmohammadi@tabrizu.ac.ir

Received: January 2023 Accepted: November 2024

DOI: <http://doi.org/10.22034/jprd.2024.55200.1027>

Abstract

The spatial structure of a city encompasses the distribution patterns of population and functions, which are interconnected systematically through communication networks. In this context, in order to reduce imbalances in the urban spatial structure, it is necessary to examine the spatial distribution of functions as well as the temporal and mobility patterns of the population associated with these functions. Given the importance of the subject, the aim of the present study is to investigate the structure and functional cores of the metropolis of Tabriz from the perspective of spatial, temporal, and human mobility patterns. The research method used in this study is descriptive-analytical with a causal-correlational nature. For the analysis of information regarding the density and spatial distribution of functional cores, the kernel density estimation method was employed, while Moran's Index was used for analyzing spatial relationships among the functions. The findings indicate that based on the Moran's Index value of 0.317598 at a 99% confidence level and the z-score value of 15.000557, it can be concluded that the dispersion of functional cores exhibits a clustering pattern. Furthermore, the results suggest that the metropolis of Tabriz currently operates under a single-core model (city center). However, considering the increasing distribution of administrative, medical, and recreational functions in the eastern areas

and industries in the western regions, there is potential for transitioning toward a multi-core development pattern within its spatial structure. The temporal and human mobility patterns also confirm the single-core nature of the city in the central part and the formation of secondary cores around the periphery. Therefore, rethinking the spatial distribution of functions through their optimal placement represents an unavoidable necessity for the spatial structure of the metropolis of Tabriz.

Keywords: Urban spatial structure, Urban functions, Population mobility, Tabriz metropolis

مقدمه

با روند سریع شهرنشینی و ظهور کلان‌شهرها در سراسر جهان، مدیران و برنامه‌ریزان شهری با چالش‌های گسترده‌ای از مسائل شهری روبه‌رو شده‌اند. تأمین زیرساخت‌ها و کارکردهای لازم شهری مانند مسکن، شبکه‌ی حمل‌ونقل و خدمات برای شهرنشینان تنها بخشی از این چالش‌ها است. در این راستا، تجربه نشان می‌دهد که توزیع متعادل زیرساخت‌ها و عملکردهای مختلف شهری می‌تواند بر رفتار مردم تأثیر بگذارد و به بهبود عملکرد کلی اقتصادی شهر، انسجام اجتماعی و پایداری محیطی کمک کند (Arribas-Bel and Sanz-Gracia, 2014:981; Liu et al, 2020:2; Wang et al, 2019:1623). مطالعه‌ی ساختار فضایی و توزیع زیرساخت‌ها و عملکردهای شهری به بخشی ضروری از فرآیند علمی برای درک و برنامه‌ریزی محیط ساخته‌شده‌ی شهری تبدیل شده است (Munter and Volgmann, 2020:2; Van Meeteren et al, 2015:1279). در این بین، چند مرکزیت شهری، یک نوع خاص از ساختار فضایی شهری بوده که توسط دانشگاهیان و دست‌اندرکاران شهری به‌ویژه در دهه‌ی گذشته برجسته شده است (Meijers, 2008:1314). دلیل اهمیت این نوع از ساختار و توسعه‌ی شهری به دلیل تعدد مراکز بوده که می‌تواند ساختارهای نسبتاً یکنواخت و همگن را در سطح شهر شکل دهد و فعالیت‌ها را به نوع مناسبی توزیع کند (قربانی، ۱۳۹۶:۸۴). در این راستا، طی سال‌های اخیر بسیاری از محققان دانشگاهی بر روی اندازه‌گیری چندمرکزیت و ارتباط آن با عملکردهای مختلف شهری متمرکز شده‌اند (Adolphson, 2009:20; Liu and Wang, 2016:11; Wang and Debbage, 2021:2) و با تمرکز مطالعات شهری به سمت شبکه‌ی تعاملات بین بخش‌های مختلف شهرها، از داده‌های جریان شهری برای توصیف این نوع ساختار فضایی شهر استفاده کرده‌اند (Batty and Cheshire, 2011:195). از طرفی برخی محققان به تعامل فضایی، مانند جریان نقدینگی یا سرمایه‌ی انسانی، برای نشان دادن تعاملات فضایی بین بخش‌های مختلف شهر به‌عنوان پویایی ساختار فضایی شهری تأکید نموده‌اند (Chen et al, 2019:90; Gao, 2015:87; Rey et al, 2011:55). بنابراین می‌توان عنوان کرد ساختار فضایی چندمرکزی یکی از مباحث مهم و اساسی در حوزه‌ی مطالعات برنامه‌ریزی شهری بوده که هم به‌عنوان یک چارچوب ارزیابی توسعه‌ی شهری (Taubenbock et al, 2017:43) و هم به‌عنوان یک هدف توسعه‌ی اصولی فضایی تلقی می‌گردد (Wang et al, 2020:2). در این راستا ضروری است تا ساختار فضایی شهر بر مبنای الگوی چندمرکزی مورد ارزیابی قرار گرفته و مقدمات توسعه‌ی آن فراهم گردد. از این‌رو، با توجه به اهمیت ساختار فضایی چندمرکزی در شهرهای بزرگ و نقش آن در توزیع متعادل و همگن عملکردها و درنهایت تحقق پایداری، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی ساختار فضایی کلان‌شهر تبریز از منظر هسته‌های عملکردی (چندمرکزی) بر اساس الگوی توزیع فضایی، زمانی و تحرک انسانی می‌باشد تا بدین وسیله با شناخت عدم تعادل‌های موجود، مدیران و برنامه‌ریزان شهری را در راستای اقدامات مؤثر در جهت ایجاد شهر پایدار و هدایت توسعه‌ی شهر یاری‌رسان باشد.

کلان‌شهر تبریز به‌عنوان بزرگترین شهر منطقه‌ی شمال‌غرب ایران از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۵ در کالبد و جمعیت خود تغییرات گسترده‌ای را شاهد بوده است. همراه با این گسترش در مساحت و جمعیت، کالبد شهر نیز دستخوش تغییرات گسترده‌ای شده است که از آن جمله می‌توان به شکل‌گیری انواع برج‌ها و آسمان‌خراش‌ها در مناطق مختلف شهر و همچنین استقرار بیش از ۴۵۰ هزار نفر در بافت‌های غیررسمی (به‌ویژه در پهنه‌ی شمالی شهر) اشاره کرد. از طرفی با افزایش جمعیت مختلفی چون افزایش ترافیک و آلودگی هوا به‌ویژه در بخش مرکزی شهر نمایان شده است. بنابراین ضروری است که ساختار فضایی شهر از منظر هسته‌های عملکردی مورد بررسی قرار گرفته تا با ارائه‌ی راهکارهایی در جهت توزیع مناسب عملکردها و جابه‌جایی‌های جمعیتی مقدمات دستیابی به توسعه‌ی پایدار شهر و تحقق الگوی توسعه‌ی چندهسته‌ای فراهم گردد. با توجه به اهداف مدنظر، پاسخ‌گویی به سؤال‌های زیر اساس کار پژوهش حاضر می‌باشد:

- توزیع فضایی هسته‌های عملکردی در کلان‌شهر تبریز از چه الگویی تبعیت می‌کند؟
- الگوی زمانی و تحرک انسانی در ارتباط با هسته‌های عملکردی کلان‌شهر تبریز به چه صورتی می‌باشد؟
- ساختار فضایی شهر از منظر الگوهای توسعه‌ی تک‌هسته‌ای و چندهسته‌ای به چه صورتی است؟

پیشینه تحقیق

ساختار فضایی شهر یکی از مباحثی است که مورد توجه صاحب‌نظران و محققان متعددی بوده و در ابعاد مختلف (نحوه‌ی توزیع فضایی-مکانی فعالیت‌ها و جمعیت، عوامل تأثیرگذار بر تحولات ساختار فضایی شهر و ...) مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از اساسی‌ترین و مهم‌ترین مباحث ساختار فضایی در سال‌های اخیر، ساختار فضایی و توسعه‌ی چندهسته‌ای شهر بوده که مطالعات و پژوهش‌های متعددی را در ادبیات برنامه‌ریزی شهری به خود اختصاص داده است. بررسی پیشینه‌ی پژوهشی در این حوزه نشان می‌دهد که اکثر پژوهش‌ها به نحوه‌ی توزیع عملکردها و جمعیت بسنده کرده‌اند، درحالی‌که بررسی روندها و تحرک‌های جمعیتی و زمان این تحرک‌ها نیز در ساختار فضایی چندهسته‌ای ضرورت دارد. در این راستا، تحقیق حاضر با هدف بررسی الگوی فضایی، زمانی و تحرک انسانی مرتبط با هسته‌های عملکردی و پر کردن خلأ پژوهشی موجود نگارش شده است. در ادامه به مهمترین پژوهش‌های مرتبط با موضوع مورد مطالعه اشاره گردیده است.

اقبال کورائیم و همکاران (۱۳۹۷)، در پژوهشی به تبیین ساختار فضایی شهر و شکل‌گیری مراکز فرعی در شهر اردبیل پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که جمعیت شهر اردبیل طی سال‌های آماری ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ از الگوی فضایی خوشه‌ای تبعیت می‌کند که این روند با گذشت زمان قوت گرفته است. همچنین روند توزیع فضایی اشتغال به‌صورت الگوی خوشه‌ای با مراکز فرعی همراه است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ساختار فضایی شهر طی سال‌های اخیر به سمت چندهسته‌ای شدن پیش می‌رود. آروین و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی تحت عنوان تحقق ساختار فضایی مطلوب شهری با ایجاد هسته‌های جدید، شهر اهواز را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد محلاتی که پتانسیل توسعه و ایجاد گره و هسته‌ی شهری را دارند، در حاشیه‌ی شهر هستند. محلات گلپه‌هار، کیانشهر، منازل شهرداری، الهیه، کمپلو جنوبی، گلدشت، پردیس ۳، پردیس ۲، کریشان و منازل فولاد در رتبه‌های یک تا ۱۰ قرار گرفته‌اند. همچنین هسته‌های شناسایی‌شده با ایجاد کاربری ترکیبی و ایجاد زیرساخت حمل‌ونقل عمومی به تقویت رویکرد شهر فشرده در شهر اهواز کمک می‌کنند. زادولی خواجه و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهش خود تحت عنوان بازاندیشی در ساختار فضایی کلان‌شهر تبریز از منظر پراکنش هسته‌های عملکردی به این نتایج دست یافته‌اند که پراکنش فضایی هسته‌های عملکردی به‌جزء عملکردهای صنعتی، تجاری و تفریحی-گردشگری دارای ساختار فضایی تک‌هسته‌ای در مرکز شهر می‌باشند. از طرفی نتایج نشان می‌دهد همبستگی بین هسته‌های عملکردی و جمعیت کلان‌شهر تبریز بر اساس آزمون رگرسیون فضایی در حد متوسط یعنی ۵۹ درصد بوده است. بدین ترتیب عدم تعادل در توزیع هسته‌های عملکردی در کلان‌شهر تبریز نمایان است. اسمولنیک و سولتیس (۲۰۱۶)، در پژوهشی تحت عنوان تحرک بدون راننده: تأثیر بر ساختارهای فضایی شهری به این نتایج دست یافته‌اند که امروزه صنایع خودروسازی و فناوری اطلاعات در حال سرمایه‌گذاری بر روی خودروهای خودران (خودروهای بدون راننده) هستند. با توجه به پیامدهای قابل توجه احتمالی انتشار این نوآوری برای سازه‌های فضایی کلان‌شهری (شهری و حومه‌ای) پیش‌بینی اثرات جانبی بالقوه‌ی آن برای جلوگیری از پیامدهای منفی و در صورت لزوم آماده شدن برای رویارویی با آنها مهم است. آچمپونگ (۲۰۱۹)، در پژوهشی تحت عنوان ساختار فضایی، الگوهای رفت‌وآمد درون‌شهری و انتخاب حالت سفر به تجزیه و تحلیل روابط در کلان‌شهر کوماسی در غنا پرداخته است. نتایج

1 - Smolnicki and Soltys

2 - Acheampong

پژوهش ساختار منحصر به فردی را برای سیستم شهری نشان می‌دهد، که در هر دو بعد مورفولوژیکی و عملکردی چند مرکزی است، اما با یک مرکز نسبتاً قوی‌تر (یعنی CBD). همچنین به‌طور کلی، جریان رفت‌وآمد خانه-کار به شدت منعکس‌کننده ساختار فضایی غالب است. وو و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی تحت عنوان شبیه‌سازی ساختار فضایی شهری همراه با تعامل فضایی، به بررسی چند مرکزیت شهری تحت سناریوهای مختلف پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شیوه‌های برنامه‌ریزی با توزیع مجدد عناصر مورفولوژیکی شهری، مانند اشتغال در این مطالعه، بر ساختار فضایی شهری و تعامل فضایی آن تأثیر می‌گذارد. همچنین، نتایج حاکی از آن است که ساختار فضایی کالبدی شهری و تعامل فضایی ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند. سونگ^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش خود با عنوان نقش شبکه‌ی مترو در بهینه‌سازی ساختار فضایی شهری، شهر ووهان را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ساختار و ساز مترو اتصال فضایی را ۲۵٪، دسترسی کلی را ۳۰ تا ۳۳٪ و چند مرکزی را ۷/۸۲٪ افزایش داده است. همچنین ساخت مترو توانسته اتصال و دسترسی به ساختار فضایی شهری ووهان، به‌ویژه دسترسی به مناطق پیرامونی را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشد، اما در ارتقاء چندمرکزیتی ضعیف عمل کرده است. ژی^۳ و همکاران (۲۰۲۲)، نیز در مطالعه‌ی تحولات ساختار فضایی جمعیت در شهرهای چین را مورد بررسی قرار داده‌اند. یافته‌های اصلی این پژوهش شامل موارد زیر است: (۱) چشمگیرترین تغییر جمعیت معمولاً در نزدیکی مرکز شهر رخ می‌دهد و (۲) الگوی کاهش جمعیت ممکن است تحت تأثیر گسترش شدید زمین شهری با رشد اقتصادی ناکافی باشد.

مبانی نظری

ساختار فضایی شهری تجلی چگونگی ارتباط محیط کالبدی، جمعیت، فعالیت‌های عملکردی و ارزش‌های فرهنگی یک شهر با یکدیگر است و کیفیت ساختارهای فضایی شهری بر تحقق عملکردهای شهری تأثیر می‌گذارد (Zhou and Ye, 2013:1031). همچنین مفهوم ساختار فضایی به توصیف انتزاعی یا کلی توزیع پدیده‌ها در فضای جغرافیایی اشاره دارد. بر اساس دیدگاه بورگالاسی و لوزتی^۴ (۲۰۱۱)، ساختار فضایی شهری نتیجه‌ی توزیع سکونت و فعالیت اقتصادی در فضا است که به نوبه‌ی خود نتیجه‌ی فرایندهای طولانی‌مدت شامل ترجیحات محلی و سیاست‌های عمومی است. بنابراین، شناسایی ساختار فضایی شهری می‌تواند کمک زیادی به تحقیق در مورد مکانیسم‌های توسعه‌ی داخلی و بهبود عملکرد فضایی یک شهر کند. یکی از ساختارهای فضایی مورد علاقه‌ی اکثر صاحب‌نظران حوزه‌ی برنامه‌ریزی شهری که مرتبط با معیارهای پایداری بوده و تحولات ساختار فضایی اکثر شهرهای جهان به سمت این الگو می‌باشد؛ ساختار فضایی چندمرکزی (چندهسته‌ای) است. به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که چند مرکزیت به کثرت مراکز اشاره دارد (Meijers, 2008:1314) و درجه‌ی چند مرکزیت اغلب برای انعکاس الگوهای فضایی شهری پیشرفته و پیچیده استفاده می‌شود. طبق نظر آلفرد و ویتمن^۵ (۲۰۰۹)، الگوی توسعه‌ی فضایی چندهسته‌ای بر زیست‌پذیری بیشتر، تراکم بالاتر و جوامع با دسترسی بهتر به خدمات با ایجاد محیط‌های شهری چندهسته‌ای بزرگتر تمرکز دارد. همچنین تمرکز این الگو بر توسعه‌ی کاربری ترکیبی، تجمع گونه‌های متعدد تجاری، اشتغال و اهداف مسکونی است. با توجه به اهمیت و ضرورت تحقق شهرهای چندمرکزی (چندهسته‌ای)، بسیاری از محققان مطالعات گسترده‌ای در زمینه‌ی شناسایی ساختارهای فضایی شهری چندهسته‌ای از دیدگاه‌های مختلف انجام داده‌اند. برای مثال، محققان مطالعاتی را از منظر فرم‌های فضایی شهری برای تجزیه و تحلیل ساختارهای فضایی شهری، سیستم‌های مرکزی و عوامل تأثیرگذار بر آن با استفاده از کاربری زمین، ویژگی‌های ساختمان و سایر داده‌ها انجام داده‌اند (Liu et al, 2015:78; Chen et al, 2016:703; Luo and Li, 2019:157; Wu et al, 2020:38; Zhang et al, 2017:69)

1 - Wu

2 - Song

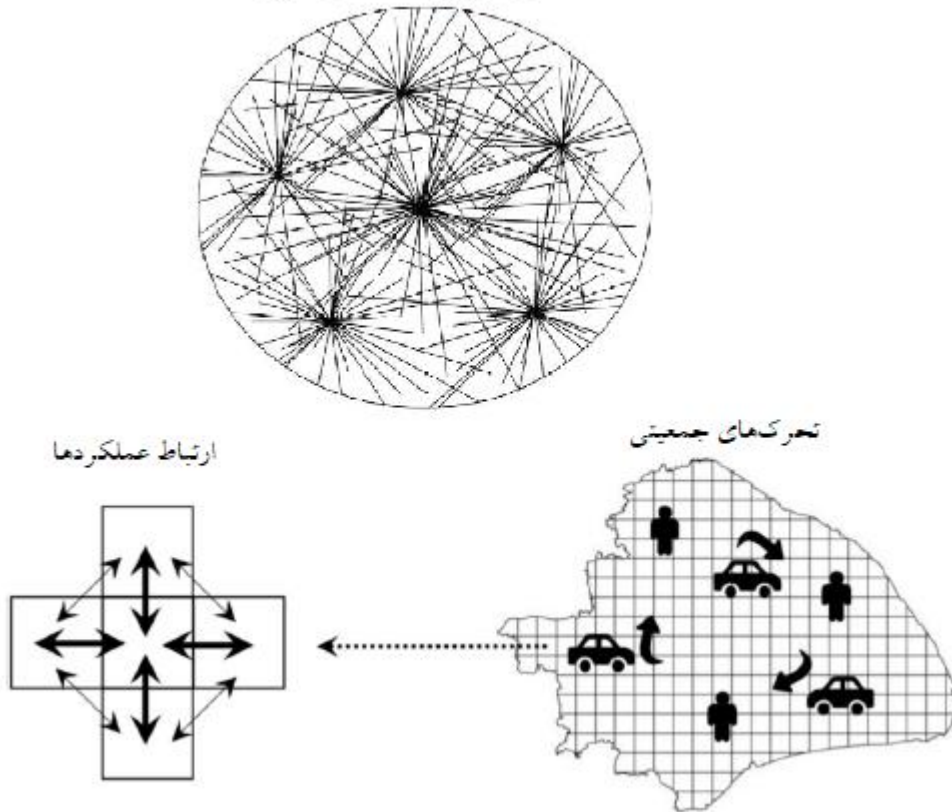
3 - Xi

4 - Burgalassi and Luzzati

5 - Alford and Whiteman

تحقیقاتی را برای کشف روابط فضای کار مسکونی شهری، سیستم‌های مراکز اشتغال و مراکز فعالیت عمومی شهری بر اساس داده‌های جمعیت ساکن، اشتغال و تفریح انجام داده‌اند (Liu and Liu, 2018:1; Liu et al, 2018:420; Shi et al, 2017:27; Niu et al, 2014:71). در همین حال، برخی از محققان نیز از منظر حمل‌ونقل و رفت‌وآمد برای شناسایی اشکال و کارکردهای چندمرکزی شهرها، داده‌های مربوط به تراکم امکانات حمل‌ونقل، تراکم شبکه‌های جاده‌ای و سوابق کارت‌های هوشمند را مورد بررسی قرار داده‌اند (Zhang et al, 2017:69; Burger and Meijers, 2012:1127; Guo et al, 2019:43). می‌توان عنوان کرد که ساختار فضایی شهر دو بعد مورفولوژیکی و کارکردی دارد. توزیع جمعیت، اشتغال، کاربری اراضی و شبکه‌ی حمل‌ونقل و حجم‌های ساخته‌شده، بعد مورفولوژیکی و جریان کالا، خدمات و تعاملات بین مردم و بین مردم و زیرساخت‌ها بعد کارکردی را نشان می‌دهند (Krehl, 2015:291). همچنین از منظر مورفولوژیکی، ساختار چندهسته‌ای به نوعی سازمان فضایی اشاره دارد که چندین مرکز مجاور در یک سیستم شهری قرار داشته باشند. از منظر کارکردی نیز ساختار چندهسته‌ای ارتباط بین مراکز مختلف مانند جریان‌های رفت‌وآمد روزانه و توان شبکه‌های تجاری را نشان می‌دهد (Acheampong, 2019:3). بر اساس مطالب ارائه‌شده می‌توان از منظر مورفولوژیکی و کارکردی ساختار فضایی شهرهای چندهسته‌ای را به شرح شکل شماره ۱ ترسیم نمود.

ساختار فضایی چندهسته‌ای شهری



شکل (۱). ساختار فضایی چندهسته‌ای جریان‌ها و تحركات‌های جمعیتی

منبع: (Angel and Blei, 2016:25; Wei et al, 2020:4)

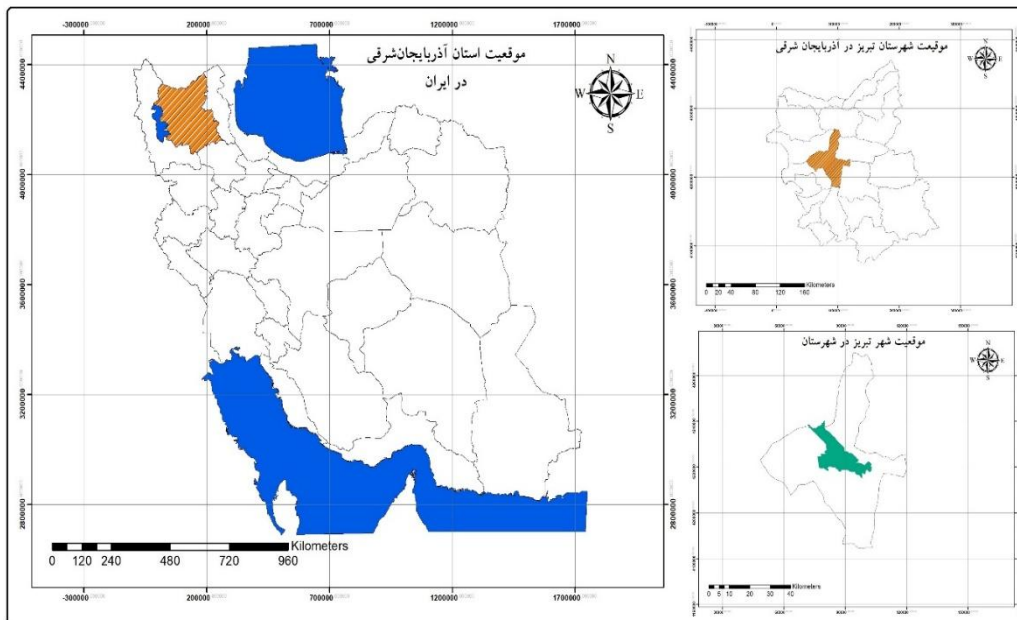
داده و روش‌ها

روش تحقیق در پژوهش حاضر توصیفی-تحلیلی با ماهیت علی-همبستگی می‌باشد که برای جمع‌آوری اطلاعات از روش اسنادی (مراجعه به آرشیو شهرداری و تهیه‌ی اطلاعات آماری در راستای کاربری اراضی وضع موجود و نقشه‌های رقومی) استفاده شده است. همچنین در تحقیق حاضر به منظور ارزیابی ساختار فضایی کلان‌شهر تبریز از منظر هسته‌های عملکردی، ۹ عملکرد مذهبی، آموزشی،

تجاری، درمانی، فرهنگی، صنعتی، فضای سبز، تفریحی-گردشگری و اداری مورد بررسی قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل اطلاعات تحقیق نیز در بخش توزیع تراکمی و فضایی هسته‌های عملکردی با استفاده از روش تخمین تراکمی کرنل ۱ و در بخش روابط فضایی عملکردها با استفاده از شاخص موران ۲ صورت گرفته است. همچنین در بخش تحلیل الگوهای زمانی و تحرک انسانی در ارتباط با عملکردها، از اطلاعات طرح توسعه و عمران «جامع» تبریز و مشاهدات میدانی استفاده شده است.

معرفی محدوده‌ی مورد مطالعه

تبریز، بزرگترین شهر شمال غرب ایران و مرکز استان آذربایجان شرقی می‌باشد که بر اساس سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ دارای ۱۷۷۳۰۳۳ نفر جمعیت بوده و ششمین شهر پرجمعیت ایران پس از شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، کرج و شیراز محسوب می‌شود. بررسی رشد فیزیکی و جمعیتی تبریز نشان می‌دهد که در فاصله زمانی ۶۰ ساله (۱۳۳۵-۱۳۹۵)، مساحت این شهر از ۱۱۷۰ هکتار به ۱۹۰۰۰ هکتار و جمعیت آن از ۲۸۹۹۹۶ نفر به ۱۷۷۳۰۳۳ نفر رسیده است. یعنی جمعیت آن قریب به ۶ برابر و توسعه‌ی فیزیکی آن حدود ۱۶ برابر رشد داشته است (طرح توسعه و عمران «جامع» تبریز، ۱۳۹۵).



شکل (۲). موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تبریز

منبع: (نگارندگان، ۱۴۰۱)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بررسی توزیع فضایی هسته‌های عملکردی در کلان‌شهر تبریز

به منظور بررسی توزیع فضایی هسته‌های عملکردی مورد بررسی از اطلاعات آماری شهرداری و همچنین نقشه‌ی کاربری اراضی کلان‌شهر تبریز استفاده شده است. ارزیابی مساحت عملکردهای مختلف در کلان‌شهر تبریز حاکی از آن است که بیشترین عملکرد مذهبی و تجاری در مناطق ۴ و ۸، بیشترین عملکرد آموزشی در مناطق ۳ و ۴، بیشترین عملکرد درمانی و اداری در مناطق ۲ و ۳، بیشترین عملکرد فرهنگی و تفریحی-گردشگری در مناطق ۱ و ۲، بیشترین عملکرد صنعتی در مناطق ۶ و ۷ و بیشترین عملکرد پارک و

فضای سبز در مناطق ۲ و ۵ قرار دارند. در جدول شماره ۱ به بررسی مساحت عملکردهای مورد بررسی در کلان‌شهر تبریز به تفکیک مناطق پرداخته شده است.

جدول (۱). بررسی مساحت عملکردهای شهری در مناطق ۱۰ گانه کلان‌شهر تبریز (مترمربع)

منطقه	مذهبی	آموزشی	تجاری	درمانی	فرهنگی	تفریحی - گردشگری	اداری	صنعتی	فضای سبز	مساحت (هکتار)	جمعیت
۱	۳۰۸۵۱	۲۵۴۵۱۸	۴۵۰۷۸۵	۹۷۳۰۸	۱۲۳۳۶۲	۱۲۶۹۳۹	۴۳۴۰۵۴	۴۱۳۱۰	۷۹۱۱۲۸	۱۵۴۱	۲۴۹۴۸۴
۲	۲۲۳۲۷	۲۷۳۱۹۹	۲۸۸۷۶۳	۲۹۷۸۰۷	۲۵۴۱۷۴	۹۳۴۲۲	۵۲۷۴۴۸	۱۵۷۴۶۶	۱۴۷۶۰۶۵	۲۰۸۰	۲۱۲۵۵۱
۳	۳۹۳۴۷	۴۷۳۴۴۳	۴۴۸۵۴۵	۱۹۸۱۷۵	۱۹۸۰۲	۱۶۰۴۳	۷۲۹۰۴۷	۳۹۷۴۸	۵۶۶۵۸۵	۲۷۸۵	۲۱۰۵۴۲
۴	۵۷۳۰۴	۴۶۸۹۰۳	۶۰۳۳۵۴	۷۵۷۲۲	۷۰۹۹۴	۲۱۷۵۱	۱۸۱۴۲۱	۵۳۶۵۸۷	۶۳۰۵۱۹	۲۵۴۰	۹۴۰۸۷
۵	۱۱۴۱۴	۳۱۷۷۹۴	۳۱۸۰۰۷	۲۳۰۱۶	۶۲۵۸	۱۷۴۶۲	۳۶۸۲۲	۲۰۰۳۹۳۶	۱۱۶۶۴۴۵	۳۱۵۳	۳۰۳۹۸۸
۶	۱۶۷۸۰	۲۹۹۲۷۸	۲۸۱۴۹۵	۳۶۷۱۳	۷۷۲۲	۳۶۱۹	۱۹۶۵۲۶	۵۷۷۹۶۶۶	۲۵۰۱۲۳	۷۲۱۸	۳۰۳۵۸۷
۷	۱۷۷۸۷	۱۵۶۶۷۱	۵۱۸۹۲۰	۹۷۵۵	۷۴۴۷۵	۰	۹۹۰۵۸	۳۲۳۶۶۱۱	۴۶۶۵۷۷	۲۸۹۲	۳۰۱۲۵۷
۸	۹۶۱۷۴	۹۳۱۳۲	۶۶۱۹۲۹	۱۱۹۴۳	۱۰۷۵۳	۷۳۶۴	۱۴۸۰۶۱	۱۶۴۵۱	۱۱۴۷۳	۳۸۸	۴۴۸۵۵
۹	۱۶۰۸	۶۶۲۰	۶۵۳۰۸	۴۶۱	۰	۰	۹۲۴۷	۹۰۹۹۴	۲۳۸۹۹	۸۰۳	۴۸۸۵۵
۱۰	۴۲۶۹۲	۲۰۳۵۲۸	۲۶۳۶۵۲	۱۱۰۱۲۷	۱۱۴۲۲	۰	۷۲۷۶۷	۵۷۳۹۳	۱۸۴۵۱۶	۱۰۵۱	۲۵۷۷۴۱
مجموع	۳۳۶۲۸۵	۲۵۴۷۰۷۸	۳۹۰۰۷۵۷	۸۶۱۰۲۶	۵۷۸۹۶۳	۲۶۷۶۰۰	۲۴۳۴۴۴۹	۱۲۲۳۰۱۶۳	۵۵۶۷۳۲۹	۲۴۴۵۱	۲۰۲۶۹۴۷

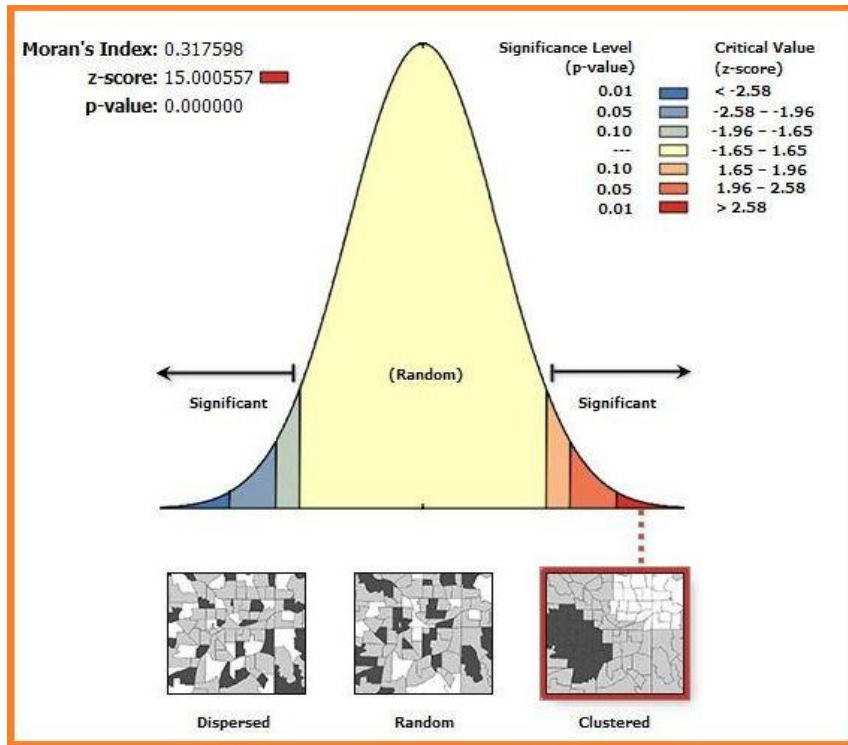
منبع: (معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی کلان‌شهر تبریز، ۱۳۹۸؛ زادولی خواجه و همکاران، ۱۴۰۰)

پس از بررسی مساحت هسته‌های عملکردی در کلان‌شهر تبریز، به منظور ارزیابی روابط فضایی این عملکردها از روش موران (Moran) و برای بررسی توزیع فضایی آنها از روش کرنل (Kernel) استفاده شده است. شاخص موران برای عملکردهای مورد بررسی (تلفیق آنها) برابر با $0/317598$ محاسبه شده است. با توجه به اینکه ارزش شاخص موران مثبت و نزدیک به یک و همچنین مقدار p -value برابر با $0/000$ است، می‌توان نتیجه گرفت که عملکردهای مورد بررسی دارای خودهمبستگی فضایی هستند و این عملکردها در سطح شهر به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. همچنین با توجه به ارزش شاخص z -score یعنی $15/000557$ و پایین بودن آن می‌توان گفت که پراکندگی این عملکردها در حالت خوشه‌بندی متوسط قرار گرفته است.

جدول (۲). جدول توصیفی تحلیل خود همبستگی فضایی هسته‌های عملکردی در کلان‌شهر تبریز

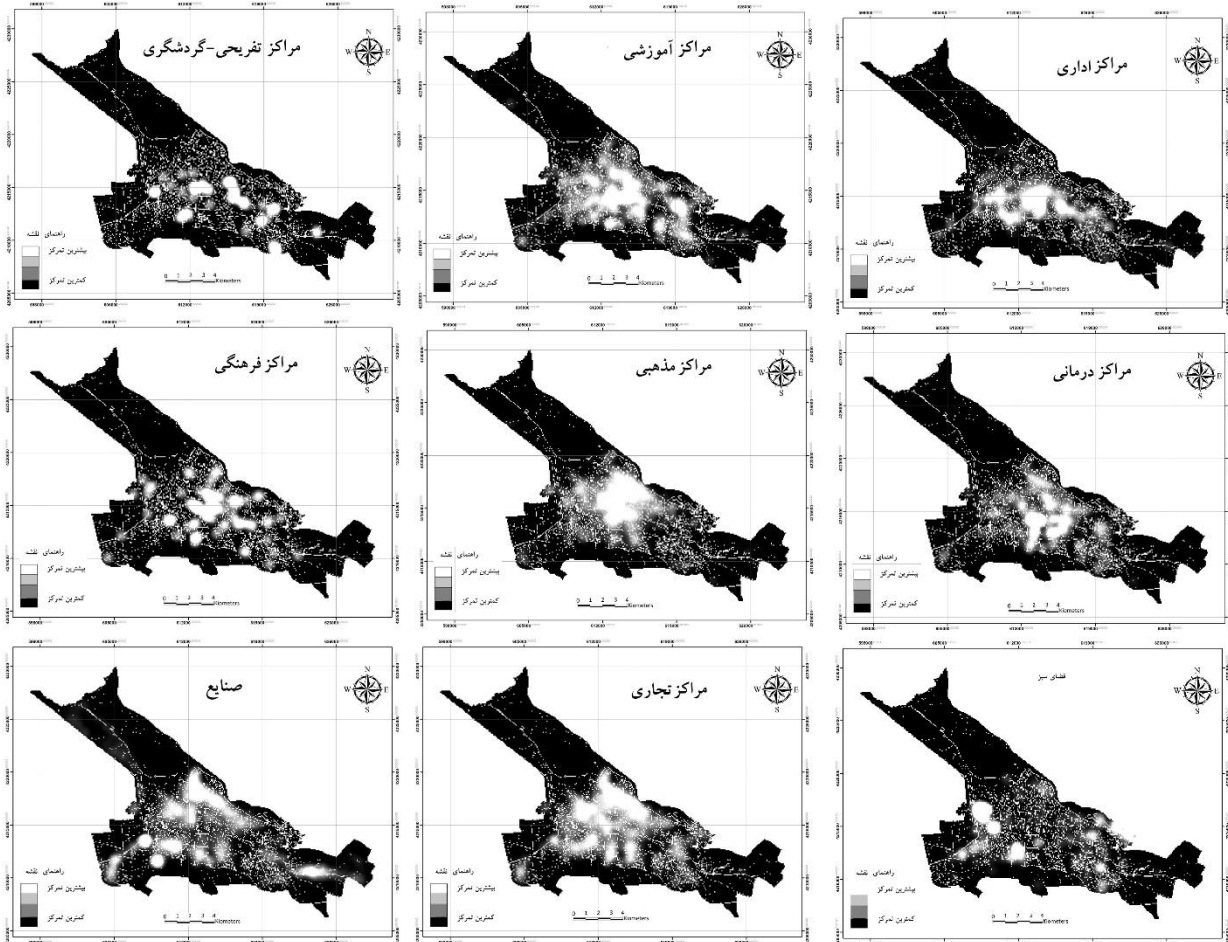
Global Moran's I summary	
$0/317598$	Moran's Index
$-0/000104$	Expected Index
$0/000359$	Variance
$15/000557$	z-score
$0/000000$	p-value

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱)



شکل (۳). شکل گرافیکی تحلیل خود همبستگی فضایی برای تلفیق هسته‌های عملکردی

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱)



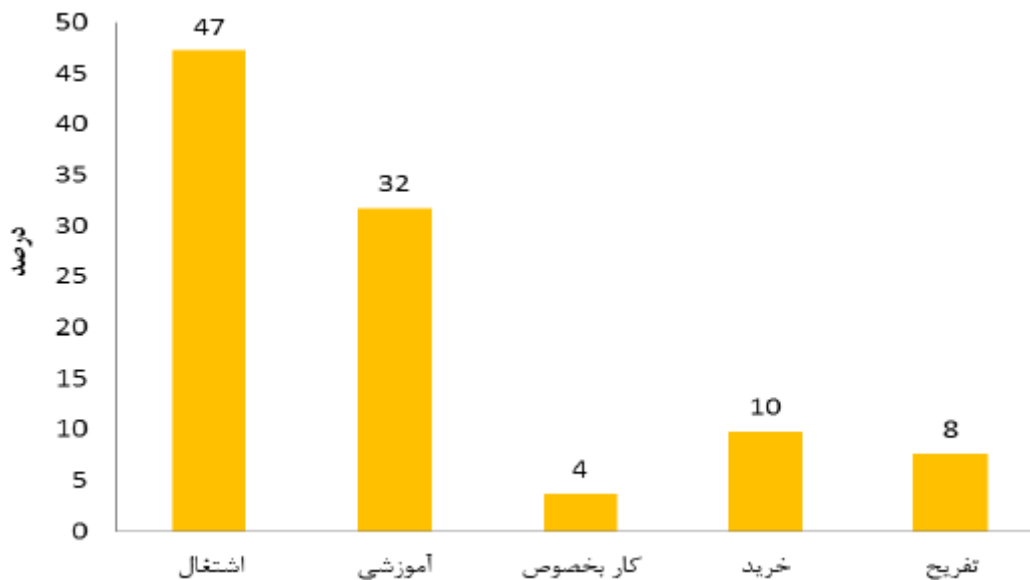
شکل (۴). پراکنش فضایی هسته‌های عملکردی در کلان شهر تبریز

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱)

با توجه به شکل شماره ۴ و نحوه‌ی پراکنش عملکردها در کلان‌شهر تبریز می‌توان گفت که صنایع در سمت غرب شهر، فضاهای سبز در مناطق حاشیه‌ای و دور از مرکز اصلی و مراکز اداری و درمانی در مرکز و شرق شهر توزیع یافته‌اند. همچنین مراکز فرهنگی، مذهبی و تجاری در مناطق مختلف توزیع گردیده‌اند، با این حال مرکز شهر دارای شدت بالاتری از توزیع این عملکردها می‌باشد. مراکز تفریحی و گردشگری نیز در شمال و شرق شهر توزیع یافته‌اند. با توجه به مطالب ارائه‌شده می‌توان عنوان کرد که کلان‌شهر تبریز در یک حالت تک‌هسته‌ای (مرکز شهر) قرار داشته و با توجه به افزایش عملکردهای اداری، درمانی و تفریحی در مناطق شرقی و صنایع در مناطق غربی، قابلیت تبدیل به یک الگوی توسعه‌ای چندهسته‌ای در ساختار فضایی خود را دارد.

بررسی الگوهای زمانی و تحرک جمعیتی در ارتباط با هسته‌های عملکردی کلان‌شهر تبریز

به‌منظور بررسی الگوهای زمانی و تحرک جمعیتی در ارتباط با هسته‌های عملکردی معمولاً از اطلاعات آماری موجود جابه‌جایی خطوط ویژه‌ی تاکسی‌ها، متروها، اتوبوس‌ها و همچنین GPS خودروها استفاده می‌گردد (Zhang et al, 2017; Burger and Meijers, 2012; Guo et al, 2019). با توجه به نبود اطلاعات در این ابعاد در کلان‌شهر تبریز و به‌طور کلی ایران با بررسی‌های میدانی و همچنین اطلاعات طرح توسعه و عمران «جامع» شهر تبریز (مصوب سال ۱۳۹۵) اطلاعات زیر گردآوری شده است. طبق بررسی‌های صورت‌گرفته بر اساس طرح جامع شهر، سهم نسبی از تحرک و سفر در شهر تبریز بدین شرح می‌باشد؛ اشتغال ۴۷ درصد، آموزشی ۳۲ درصد، خرید ۱۰ درصد، تفریح ۸ درصد و کار بخصوص ۴ درصد.

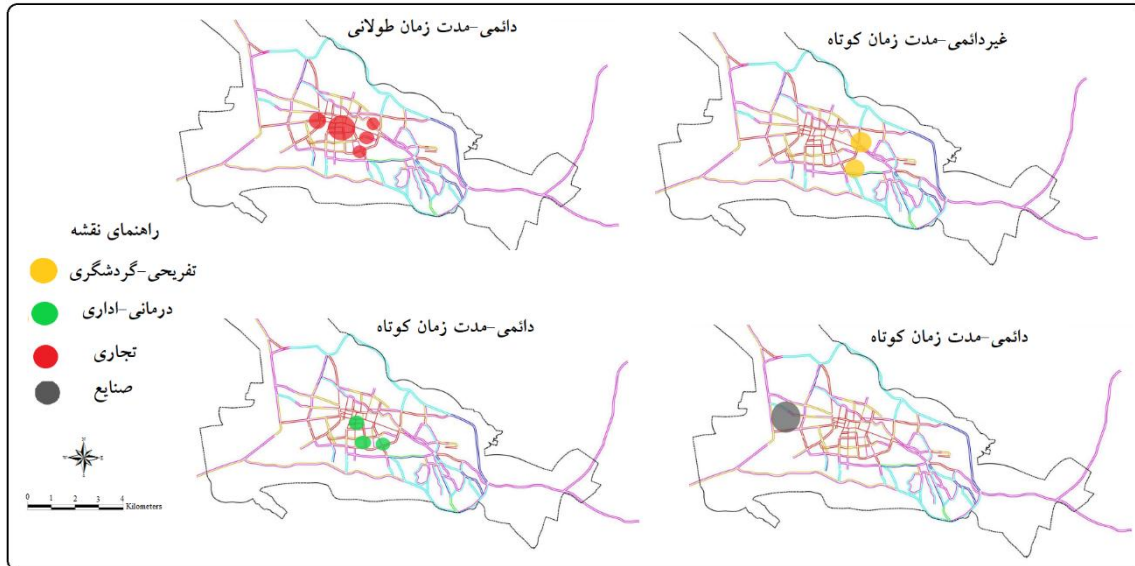


شکل (۵). سهم نسبی اهداف تحرک و سفر در شهر تبریز

منبع: (مهندسان مشاور نقش محیط، ۱۳۹۵)

همچنین بررسی‌های میدانی حاکی از آن است که بیشترین تحرک در سطح کلان‌شهر تبریز در ساعات اولیه به سمت مرکز شهر و در ساعات پایانی روز به سمت پیرامون می‌باشد. در این راستا، هسته‌های تجاری و اداری بیشترین جاذب شهروندان بوده و تحرک‌های جمعیتی بیشتر به سمت این عملکردها است. هسته‌های عملکردی فضای سبز، مذهبی، فرهنگی و آموزشی (غیر از آموزش عالی) کمترین تحرک جمعیتی را به خود اختصاص می‌دهند و شهروندان بیشتر از نزدیکترین این عملکردها بهره‌مند می‌شوند. هسته‌های تفریحی-گردشگری در شرق و شمال شهر و هسته‌ی صنایع در غرب بوده است. در هسته‌ی صنایع اکثر تحرک‌ها در ساعات اولیه به

سمت آن و در ساعات پایانی به سمت مسکن می‌باشد. در هسته‌های تفریحی-گردشگری نمی‌توان زمان مشخصی را بیان کرد، با این حال فصول گرم سال بیشترین تحرک را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین مراکز درمانی نیز ساعات و زمان‌های مشخصی را به خود اختصاص نداده و در طول سال و ساعات‌های متفاوت عملکرد خود را ارائه داده و تحرک‌ها قابل مشاهده است.



شکل (۶). الگوهای زمانی بهره‌مندی از هسته‌های عملکردی

منبع: (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱)

نتایج کلی نیز از منظر الگوهای زمانی و تحرک انسانی دو الگوی زیر را در راستای ساختار فضایی کلان‌شهر تبریز مشخص می‌نماید. الف) مرکز اصلی (الگوی غالب): بخش مرکزی شهر با نقش تجاری خود، مرکز اصلی شهر محسوب می‌شود که بیشترین تحرکات جمعیتی در این محدوده قابل مشاهده است و روندهای تحرکی بیشتری به این سمت در ساعات مختلف صورت می‌گیرد. علاوه بر اشتغال افراد در این بخش که روزانه تعداد زیادی را به سمت مرکز اصلی روانه می‌کند، با توجه به عملکردهای مختلف به‌ویژه تجاری (بازار تبریز)، خیل عظیمی از شهروندان برای خریدهای مختلف و همچنین برخی از کارهای اداری و درمانی به مرکز شهر جابه‌جا می‌گردند. علاوه بر نقش و عملکرد شهری این بخش، عملکردهای فراشهری، فرامنطقه‌ای، ملی و هرزگاهی بین‌المللی نیز موجب تحرک جمعیتی به مرکز اصلی شهر (خرید، تجارت، خدمات اداری و خدمات درمانی) می‌گردد.

ب) مراکز فرعی: طی سالیان گذشته مراکز فرعی تبریز در عملکردهای مختلف گسترش و توسعه یافته‌اند. به‌عنوان مثال تمرکززدایی خدمات اداری از بخش مرکزی، شکل‌گیری مراکز درمانی مجهز همچون بیمارستان بین‌المللی ولیعصر در شرق شهر و ایجاد مجتمع‌های تجاری در مناطق مختلف باعث گردیده که تحرک‌های انسانی در سطوح مختلف شهر صورت گیرد. همچنین وجود عملکردهای خاص مثل مناطق تفریحی (اٹل‌گلی) در شرق و صنایع در غرب، تحرک‌های جمعیتی در این مناطق را موجب گردیده است. با این حال بر خلاف مرکز شهر که از نظر زمانی به‌صورت دائمی و مستمر مورد استفاده قرار گرفته و نقش و عملکردهای خود را ایفا می‌نماید، مراکز فرعی دارای عملکردی مقطعی یا در طول سال مثل (اٹل‌گلی) دارای عملکرد فصلی می‌باشند. بنابراین می‌توان عنوان کرد که مراکز فرعی بایستی ضمن شناسایی ترجیحات شهروندان و بهره‌مندی از عملکردهای ترکیبی موجبات شکل‌گیری الگوی چند هسته‌ای شهر را مهیا سازد.

نتیجه‌گیری

ساختار فضایی شهر مجموعه‌ای مرکب از یک ستون و شبکه‌های به هم پیوسته‌ای از کاربری‌ها و عناصر مختلف و متنوع شهری است که شهر را در کلیت آن انسجام می‌بخشد و تار و پودش در همه‌ی گستره‌ی شهر تا انتهای‌ترین اجزاء آن، یعنی محله‌های مسکونی، امتداد می‌یابد. این مجموعه شالوده‌ی سازمان فضایی-کالبدی شهر و اجزای داخلی آن و مبین خصوصیات کلی شهر است و سایر ساختمان‌های شهر بینابین بخش‌های اصلی این شبکه را می‌پوشانند. بنابراین ساختار فضایی شهر نظم و رابطه‌ی موجود بین عناصر فیزیکی و کاربری زمین در منطقه‌ی شهری می‌باشد که براساس ارتباط متقابل سیستم‌های شهری در زمان و مکان حاصل شده است. همچنین در سیر توسعه‌ی شهرها تغییرات گسترده‌ای در ساختار فضایی آنها رخ داده است که این تغییرات هرزگاهی به تعادل فضایی بین عملکردهای شهری و جمعیت و هرزگاهی به قطبی‌شدن و نابرابری فضایی منجر گردیده است. در سطح کلان‌شهر تبریز تحولات صورت گرفته در ساختار فضایی شهر به صورت دو قطبی یعنی غرب و مرکز شهر به‌عنوان بافت قدیم و شرق شهر به‌عنوان بافت جدید و برنامه‌ریزی شده قابل مشاهده است. با این حال عملکردهای شهری در بخش مرکزی باعث گردیده که این منطقه از شهر کماکان تأثیر ویژه‌ای بر ساختار فضایی داشته و غلبه با عملکردهای آن باشد. در این راستا می‌توان عنوان کرد که تبریز در یک حالت توسعه‌ی تک‌هسته‌ای از ساختار فضایی قرار دارد که از منظر توزیع فضایی عملکردها و تحرک‌های انسانی در بخش مرکزی شهر نمود عینی می‌یابد. از طرفی طی سالیان گذشته با تمرکززدایی از خدمات اداری در بخش مرکزی و ایجاد مراکز تجاری و درمانی در سطوح مختلف شهر، مراکز و هسته‌های فرعی توسعه یافته‌اند. همچنین وجود برخی از هسته‌های عملکردی در سطوح مختلف مانند مراکز تفریحی در شرق و صنایع در غرب، می‌تواند مقدمات توسعه‌ی چندهسته‌ای شهر را فراهم سازد. بدین منظور نیاز است تا ضمن بازاندیشی در توزیع عملکردها از منظر الگوهای زمانی و تحرک انسانی نیز تعادل در سطوح مختلف شهر و به تبع آن پایداری صورت پذیرد و از بار مشکلات و فشارهای وارده به بخش مرکزی شهر کاسته شود. بررسی تطبیقی نتایج تحقیق با پیشینه‌ی مطالعاتی نیز حاکی از آن است که از منظر الگوی فضایی خوشه‌ای توزیع عملکردها تأییدی از پژوهش‌های اقبال کورائیم و همکاران (۱۳۹۷) در شهر اردبیل و از منظر غلبه الگوی تک‌هسته‌ای تأییدی از پژوهش‌های زادولی خواجه و همکاران (۱۴۰۰) در شهر تبریز و آچمیونگ (۲۰۱۹) در شهر کوماسی/اغنا می‌باشد. همچنین تأکید بر الگوهای زمانی و تحرک جمعیتی نیز تفاوت پژوهش حاضر با پیشینه‌ی مطالعاتی بوده است.

- بر مبنای وضعیت موجود کلان‌شهر تبریز و اهمیت تحقق الگوی توسعه‌ی چندهسته‌ای در ساختار فضایی شهر، می‌توان راهکارهای زیر را به‌منظور تعادل بخشی در توزیع عملکردها و جمعیت و دستیابی به الگوی مطلوب ساختار فضایی (چندهسته‌ای) به کار بست:
- تمرکززدایی کامل خدمات اداری و درمانی از بخش مرکزی شهر و تأکید بر عملکرد تجاری این منطقه از شهر؛
- مکان‌یابی مجموعه‌های درمانی و اداری در پیرامون شهر و جانمایی آنها به‌منظور توزیع متناسب تحرک‌های انسانی؛
- تأکید بر عملکردهای متنوع و جذاب در مراکز فرعی شهر و توسعه‌ی آنها با توجه به نیازها و ترجیحات شهروندان؛
- ارائه‌ی مشوق‌ها و بسته‌های حمایتی مناسب برای توزیع متناسب عملکردها در سطوح شهر؛
- تهیه و اجرای طرح جامع توسعه‌ی چندهسته‌ای شهر در راستای توزیع متناسب عملکردها و تحرک‌های انسانی با تأکید بر شناخت دقیق متغیرهای تأثیرگذار، نیازسنجی و امکان‌سنجی مناسب، بهره‌مندی از مشارکت نهادهای دولتی، خصوصی و مردم و همچنین بهره‌مندی از تجربیات موفق جهانی.

منابع

- آروین، محمود؛ پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌الله و زنگنه شهرکی، سعید. (۱۳۹۹). تحقق ساختار فضایی مطلوب شهری با ایجاد هسته‌های جدید (مورد مطالعه: شهر اهواز)، *اقتصاد شهری*، ۵(۸): ۱۹-۳۴.
- اقبال کورائیم، محمدرضا؛ سلیمانی مهرنجانی؛ محمد، کمانرودی کجوری، موسی و زنگانه، احمد. (۱۳۹۷). تبیین ساختار فضایی شهر و شکل‌گیری مراکز فرعی در شهر اردبیل، *مدیریت شهری*، ۵(۵۰): ۳۲۱-۳۰۵.

- زادولی خواجه، شاهرخ؛ اصغری زمانی، اکبر و محمدی، فاطمه. (۱۴۰۰). بازاندیشی در ساختار فضایی کلان‌شهرها از منظر پراکنش هسته‌های عملکردی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)، *مطالعات ساختار و کارکرد شهری*، ۸(۲۸)، ۹۱-۱۱۲.
- طرح توسعه و عمران «جامع» تبریز. (۱۳۹۵). مهندسان مشاور نقش محیط، وزارت راه و شهرسازی، اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی، مصوب ۸۱۳۹۵/۲۴.
- قربانی، رسول. (۱۳۹۶). *اصول و مبانی برنامه‌ریزی شهری*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- Acheampong, R.A. (2019). Spatial structure, intra-urban commuting patterns and travel mode choice: Analyses of relationships in the Kumasi Metropolis, Ghana. *Cities*, 96, 1-14.
- Adolphson, M. (2009). Estimating a polycentric urban structure. Case study: Urban changes in the Stockholm region 1991–2004. *Journal of Urban Planning and Development*, 135(1), 19–30.
- Alford, G & Whiteman, J. (2009). Macro-urban form and transport energy outcomes: Investigations for Melbourne. *Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice*, 18(1), 53.
- Angel, S & Blei, A. M. (2016). The spatial structure of American cities: The great majority of workplaces are no longer in CBDs, employment sub-centers, or live-work communities. *Cities*, 51, 21-35.
- Arribas-Bel, D., & Sanz-Gracia, F. (2014). The validity of the monocentric city model in a polycentric age: US metropolitan areas in 1990, 2000 and 2010. *Urban Geography*, 35 (7), 980–997.
- Batty, M., & Cheshire, J. (2011). Cities as flows, cities of flows. *Environment and Planning, B, Planning & Design*, 38(2), 195–196.
- Buralgassi, D & Luzzati, T. (2015). Urban spatial structure and environmental emissions: A survey of the literature and some empirical evidence for Italian NUTS 3 regions. *Cities*, 49, 134-148.
- Burger, M.J. & Meijers, E. (2012). Form follows function? Linking morphological and functional polycentricism. *Urban Studies*, 49(5), 1127-1149.
- Chen, M., Arribas-Bel, D., & Singleton, A. (2019). Understanding the dynamics of urban areas of interest through volunteered geographic information. *Journal of Geographical Systems*, 21(1), 89–109.
- Chen, W., Liu, L., & Liang, Y. (2016). Retail center recognition and spatial aggregating feature analysis of retail formats in Guangzhou based on POI data. *Geography Research*, 35 (4), 703-716.
- Gao, S. (2015). Spatio-temporal analytics for exploring human mobility patterns and urban dynamics in the Mobile age. *Spatial Cognition and Computation*, 15(2), 86–114.
- Guo, L., Zheng, C, & Huang, J. (2019). Commuting circle-based spatial structure optimization of megacities: a case study of Wuhan central city. *Urban Planning*, 10, 43-54.
- Krehl, A. (2015). Urban spatial structure: An interaction between employment and built-up volumes. *Regional Studies, Regional Science*, 2(1), 290-308.
- Liu, X., & Wang, M. (2016). How polycentric is urban China and why? A case study of 318 cities. *Landscape and Urban Planning*, 151, 10–20.
- Liu, X., Gong, L., Gong, Y., & Liu, Y. (2015). Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data. *Journal of Transport Geography*, 43, 78-90.
- Liu, X., Wang, M., Qiang, W., Wu, K., & Wang, X. (2020). Urban form, shrinking cities, and residential carbon emissions: Evidence from Chinese city-regions. *Applied Energy*, 261, 114409.
- Liu, Y., Fan, P., Yue, W., & et al. (2018). Impacts of land finance on urban sprawl in China: the case of Chongqing. *Land Use Policy*, 72, 420-432.
- Liu, Z., & Liu, S. (2018). Polycentric development and the role of urban polycentric planning in China's megacities: an examination of Beijing's metropolitan area. *Sustainability*, 10(5), 1-14.
- Luo, Q., & Li, X. (2019). The spatial differentiation and influencing factors of urban centers in China based on VIIRS night light. *Geography Research*, 38(1), 157-168.
- Meijers, E. (2008). Measuring polycentricity and its promises. *European Planning Studies*, 16(9), 1313–1323.
- Münter, A., & Volgmann, K. (2020). Polycentric regions: Proposals for a new typology and terminology. *Urban Studies*. <https://doi.org/10.1177/0042098020931695>, 004209802093169.
- Niu, X., Ding, L., & Song, X. (2014). Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data. *Urban Planning Forum*, 6, 71-77.

- Rey, S. J., Anselin, L., Folch, D. C., Arribas-Bel, D., Sastré Gutiérrez, M. L., & Interlante, L. (2011). Measuring spatial dynamics in metropolitan areas. *Economic Development Quarterly*, 25(1), 54–64.
- Shi, G., Jiang, N., & Yao, L. (2017). Study on the identification of urban center system based on GIS and POI-A case study of Shanghai. *Modern Surveying and Mapping*, 40(6), 27-30.
- Smolnicki, P.M., & Soltys, J. (2016). Driverless Mobility: The Impact on Metropolitan Spatial Structures. *Procedia Engineering*, 161, 2184-2190.
- Song, J., Abuduwayiti, A., & Gou, Z. (2022). The role of subway network in urban spatial structure optimization – Wuhan city as an example. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 131, 1-13.
- Taubenbock, H., Standfuß, I., Wurm, M., Krehl, A., & Siedentop, S. (2017). Measuring morphological polycentricity—A comparative analysis of urban mass concentrations using remote sensing data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 42–56.
- Van Meeteren, M., Poorthuis, A., Derudder, B., & Witlox, F. (2015). Pacifying Babel’s tower: A scientometric analysis of polycentricity in urban research. *Urban Studies*, 53 (6), 1278–1298.
- Wang, M., & Debbage, N. (2021). Urban morphology and traffic congestion: Longitudinal evidence from US cities. *Computers, Environment and Urban Systems*, Article 101676. [j.compenvurbysys.2021.101676](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2021.101676).
- Wang, M., Derudder, B., & Liu, X. (2019). Polycentric urban development and economic productivity in China: A multiscale analysis. *Environment and Planning A*, 51(8), 1622–1643.
- Wang, T., Yue, W., Ye, X., Liu, Y., & Lu, D. (2020). Re-evaluating polycentric urban structure: A functional linkage perspective. *Cities*, 101, 1-11.
- Wei, L., Luo, Y., Wang, M., Cai, Y., Su, S., Li, B., & Ji, H. (2020). Multiscale identification of urban functional polycentricity for planning implications: An integrated approach using geo-big transport data and complex network modeling. *Habitat International*, 97, 1-16.
- Wu, C., Smith, D., & Wang, M. (2021). Simulating the urban spatial structure with spatial interaction: A case study of urban polycentricity under different scenarios. *Computers, Environment and Urban Systems*, 89, 1-15.
- Wu, Q., Qian, L., & Wu, Z. (2020). Research on spatial structure identification and spatial morphology of megalopolis based on multi-source data. *Geomatics World*, 143(5), 38-44.
- Xi, Y., Qiang, L., Zhengdong, H., & Renzhong, G. (2022). Characterising population spatial structure change in Chinese cities. *Cities*, 123, 1-11.
- Zhang, L., Yue, W., & Liu, Y. (2017). Multidimensional analysis of the polycentric urban spatial structure: a case of Hangzhou. *Economic Geography*, 232(6), 69-77.
- Zhou, C., & Ye, C. (2013). Progress on studies of urban spatial structure in China. *Progress in Geography*, 32(7), 1030-1038.