Contemporary Transformations of Iran's Urban Network: A Network-Based Analysis of Inter-Urban Dynamics through Air Flows

Original Article

Mehdi Ziaei[1], Hashem Dadashpoor[2*], Mansoor Rezghi[3]

1- Ph. D., Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Computer Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2025-05-31
Revised: 2025-09-20
Accepted: 2025-09-21

Keywords

Air Passenger Flows
ERGM
Inter-Urban Dynamics
Recursive Centrality
Recursive Power

ABSTRACT

Introduction

Contemporary cities are more interconnected than ever with complex networks of multidimensional economic, social, and technological relationships. In this view, a city's status is not static; it arises from a continual coevolutionary process that spans multiple network layers and intra-urban connection models. These multidimensional processes have transformed urban systems into dynamic and complex systems. They continually rearrange urban structures, creating new patterns of focus and defocus, as well as role formation, across cities. From a network perspective, two key concepts — centrality and network power — define an urban position. Centrality refers to a node's position based on the number, intensity, and location of its links, offering a picture of connectivity and the relative position of cities. Power refers to a city's ability to guide and monitor processes. It is horizontal and distributed, and each city holds a share according to its location. By classifying urban network centers by power and centrality, one can distinguish fully connected cities that lack strategic influence from low-centrality cities that hold a controlling or provincial role. The historical imprint of links, institutional constraints, and size-based and network-based contexts heavily influences these dynamic urban networks. The current research analyzes and determines the modern dynamics of Iran's urban network in relation to the interactional approach of air flow from 1976 to 2016. It relies on centrality indices and recursive power at the small level, examines the overall network structure at the large level through free and small-world patterns, and uses the ERGM model. The contribution lies in the simultaneous analysis of long-term processes and the effects of institutional and contextual dependencies. The primary question aims to identify the central and powerful centers in Iran's current urban network and to present the spatial patterns that shape these developments by linking them to the network's internal, external, and historical influences.

Materials and Methods

This research uses a three-level design: (1) identifying hubs with standard scales of centrality and power; (2) representing structural transformation of the network with complex network indicators; and (3) calculating the intensity and direction of demographic, institutional, and contextual effects. The methodology is descriptive–analytical. Statistical data on domestic flights represent the air flow network. The analysis maintains validity by focusing on stable processes and interpreting results within a real-data framework. Two indices, recursive centrality (RC) and recursive power (RP), also

* Corresponding author: h-dadashpoor@modares.ac.ir

measure the functional position of cities. Cities are classified into four functional groups using a four-section approach: control hubs, connecting centers, gateway cities, and peripheral cities. Gephi software supports the analysis of network structure by identifying features consistent with small-world and scale-free network models. The Exponential Random Graph Model (ERGM) explains the formation of network links. This approach detects hidden patterns in the creation or absence of connections by considering both internal structural factors (density and focused connections) and external conditions (population and the institutional status of cities), as well as historical dependencies. MPNet software estimates the model parameters. This framework offers a precise and multilayered examination of the role of cities within the urban network.

Findings

The findings indicate a shift in the network's focal arrangement from a strictly Tehran-based core–periphery hierarchy to a mono-core pattern in power and a relatively polycentric pattern in centrality. Tehran remains a stable national mono-core, while Mashhad, Shiraz, Isfahan, Kish, and Ahvaz have advanced to full-connection hubs without a corresponding increase in influence or control power. At the same time, improvements across many peripheral cities have reinforced the Tehran-based hub-and-spoke configuration, which constrains balance in urban role formation and yields characteristics of a scale-free and small-world network at the level of the broader air-flow system. ERGM results show that Iran's domestic flight network over this period reflects functional forces, such as the tendency to cluster around traffic hubs, as well as institutional and political factors, including the location of the capital and provincial centres, and historical dependence on past routes; each plays a consistent role in forming flight links. The population also serves as a key driver of route attraction and is showing growing importance. Overall, network development arises from the concurrent interaction of structural, institutional, contextual, and demographic forces.

Conclusion

This research uses a network-based framework to address theoretical shifts and practical needs in studies of inter-urban relations, clarifying the distinction between connectivity and control power across cities. Analysis of city locations and the overall structure of the domestic flight network provides multi-level views of spatial dynamics and rearrangements in the Iranian urban system for air flows. The role-and-location analysis reveals a clear pattern in the dynamics of the main hubs of the national air network. Over the last five decades, network centrality has moved away from an absolute focus and now distributes across many hubs. However, this shift has not produced control power. The persistence of mono-core power alongside the relative polycentricity of air flows is not an incompatibility but a direct outcome of two discernible processes that reproduce centrality and power in the network. A transition away from a focused structure in Iran's air traffic network necessitates a reassessment of spatial policy and enhancements in the functions of secondary and intermediate hubs. Achieving a more balanced and durable network requires stronger horizontal links among regional clusters, reduced dependence on the central hub, and expansion of gateway cities with a control role. This transition requires an intervention that considers three key factors simultaneously: institutional attributes (such as provincial and political centrality), demographic patterns, travel demand, and the network's historical inertia. By accounting for these contextual and persistent variables, planners can allocate flight capacity more intelligently, diversify routes, and strengthen links with few alternatives. To this end, institutional planning should be combined with a data-driven incentive mechanism, within a framework consistent with the network's historical context. Such a process can connect decentralization to a real redistribution of power and improve the effectiveness and spatial stability of Iran's urban system.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ziaei M. Dadashpoor H. Rezghi M. Contemporary Transformations of Iran's Urban Network: A Network-Based Analysis of Inter-Urban Dynamics through Air Flows. Urban Economics and Planning Vol 6(4):192-206. [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2025.527263.1653

تحولات معاصر نظام شهری ایران: تحلیلی شبکه‌مبنا از پویایی‌های روابط بین‌شهری در بستر جریان‌های هوایی*

مقالهٔ پژوهشی

مهدی ضیائی[۱]؛ هاشم داداش‌پور[۲*]؛ منصور رزقی آهق[۳]

۱- دانش‌آموختهٔ دکتری شهرسازی، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- استاد گروه طراحی و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- دانشیار گروه علوم کامپیوتر، دانشکدهٔ علوم ریاضی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰

کلمات کلیدی

پویایی شبکهٔ شهری
جریان هوایی افراد
قدرت بازگشتی
مرکزیت بازگشتی
مدل نمایی تصادفی

چکیده

مقدمه

شهرهای معاصر بیش از هر زمان دیگر به طور فزاینده‌ای در شبکه‌های پیچیده‌ای از روابط چندسطحی اقتصادی، اجتماعی و فناورانه به هم پیوند خورده‌اند. در این چشم‌انداز، موقعیت شهرها دیگر امری ایستا نیست، بلکه برآمده از هم‌تکاملی مداوم لایه‌های متکثر شبکه‌ها و الگوهای اتصال بین شهری است. این فرایندهای چندبعدی، نظام‌های شهری معاصر را به سامانه‌ای پویا و پیچیده تبدیل کرده که ساختار آن به طور مداوم بازآرایی می‌شود و الگوهای جدیدی از تمرکز/عدم‌تمرکز و نقش‌آفرینی شهرها پدیدار می‌سازد. از منظر شبکه‌ای، دو مفهوم مرکزیت و قدرت شبکه‌ای برای تبیین جایگاه شهری به کار می‌روند. مرکزیت، جایگاه یک گره بر اساس تعداد، شدت و موقعیت پیوندها است و تصویری از میزان اتصال‌پذیری و موقعیت نسبی شهرها ارائه می‌دهد، در حالی که قدرت به توانایی یک شهر در هدایت و کنترل جریان‌ها وابسته است. این نوع قدرت، ماهیتی افقی و توزیع شده دارد و هر شهر بسته به جایگاه خود، سهمی از آن داراست. با تقسیم‌بندی کانون‌های شبکهٔ شهری بر اساس تمایز جایگاه قدرت و مرکزیت، هم شهرهای پراتصال ولی فاقد نفوذ راهبردی و هم شهرهای با مرکزیت پایین و دارای نقش کنترلی یا دروازه‌ای، قابل شناسایی هستند. این پویایی‌های نظام‌های شهری به‌شدت تحت تأثیر وابستگی تاریخی پیوندها، قیود نهادی و زمینه‌ای اندازه‌مبنا و شبکه‌مبنا هستند. پژوهش حاضر در تلاش است مبتنی بر رویکرد تعاملی جریان مسافران هوایی در بازهٔ زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ و با اتکا به شاخص‌های مرکزیت و قدرت بازگشتی در سطح خرد، و تحلیل ساختار کلی شبکه بر اساس ویژگی الگوهای مقیاس‌آزاد و جهان کوچک در سطح کلان، و با استفاده از مدل ERGM، این پویایی‌های نوین شبکهٔ شهری ایران را تحلیل و تبیین کند. نوآوری پژوهش، تحلیل توأمان روندهای بلندمدت و بررسی اثرات وابستگی‌های نهادی و زمینه‌ای است. شناسایی کانون‌های مرکزی و قدرتمند در شبکهٔ شهری معاصر ایران و بازنمایی الگوهای فضایی حاکم بر تحولات آن‌ها، در پیوند با عوامل درونی، بیرونی و وابستگی‌های تاریخی شبکه، محورهای پرسش‌های این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه سطح طراحی و اجرا شد: (۱) شناسایی کانون‌ها، با سنجه‌های استاندارد مرکزیت/قدرت؛ (۲) بازنمایی تحول ساختاری شبکه با شاخص‌های شبکه‌های پیچیده؛ و (۳) برآورد جهت و شدت اثر عوامل جمعیتی، نهادی و زمینه‌ای. روش به‌کاررفته، توصیفی ـ تحلیلی است. برای بازنمایی شبکهٔ جریان هوایی، از داده‌های آماری پروازهای داخلی استفاده شد و تلاش شد با تمرکز بر روندهای پایدار، اعتبار تحلیلی حفظ شود و نتایج در چارچوب ظرفیت واقعی داده‌ها تفسیر شود. برای سنجش

* این مقاله، برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول با عنوان "تبیین روند دگرگونی‌های سازمان فضایی شبکه شهری ایران (بر اساس جریان‌های هوایی افراد)" در رشته دکتری شهرسازی به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه تربیت مدرس تهران می‌باشد.

** نویسندهٔ مسئول: h-dadashpoor@modares.ac.ir

جایگاه عملکردی شهرها، از دو شاخص مرکزیت بازگشتی (RC) و قدرت بازگشتی (RP) استفاده شد. با رویکرد چهاربخشی، شهرها در چهار دستهٔ عملکردی شامل کانون‌های کنترلی، مراکز پیونددهنده، شهرهای دروازه‌ای و پیرامونی طبقه‌بندی شدند. برای تحلیل ساختار شبکه، از تحلیل ویژگی‌های دو الگوی جهان‌کوچک و مقیاس‌آزاد با کمک نرم‌افزار Gephi استفاده شد. برای تحلیل علل مؤثر بر شکل‌گیری پیوندهای شبکه از مدل نمایی تصادفی شبکه‌ای (ERGM) استفاده شد. این مدل با در نظر گرفتن هم‌زمان عوامل ساختاری درونی (چگالی و تمرکز روابط)، متغیرهای بیرونی (جمعیت و جایگاه نهادی شهرها)، و وابستگی‌های تاریخی، امکان شناسایی الگوهای پنهان در ایجاد یا عدم ایجاد روابط شبکه‌ای را فراهم می‌سازد. تخمین پارامترهای مدل با استفاده از نرم‌افزار MPNet انجام گرفت. این چارچوب، امکان تحلیل دقیق‌تر و چندلایه از نقش‌آفرینی شهرها در شبکهٔ شهری را فراهم کرد.

یافته‌ها

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد آرایش کانونی شبکهٔ جریان هوایی کشور، از ساختار سلسله‌مراتبی هسته ـ پیرامون به‌شدت تهران‌محور، به الگویی تک‌هسته‌ای در بعد قدرت و چندمرکزی نسبی در بعد مرکزیت گذار کرده است: طی این دوره، تهران یگانه هستهٔ ملی پایدار باقی مانده، در حالی که مشهد ـ و تا حدی شیراز، اصفهان، کیش و اهواز ـ به هاب‌های پراتصال ارتقا یافته‌اند، بی‌آنکه جهش متناظری در نفوذ/قدرت کنترلی به دست آورند. در مقابل، و با بقای بخش بزرگی از شهرها در نقش پیرامونی، بازتولید الگوی هاب‌واسپوک تهران‌محور تقویت شده؛ الگویی که مانع شکل‌گیری تعادل در نقش‌آفرینی شهری شده و ویژگی‌های یک شبکهٔ تلفیقی جهان کوچک/مقیاس‌آزاد را در سطح کل شبکهٔ جریان هوایی پدیدار ساخته است. برآوردهای حاصل از اجرای مدل ERGM نشان می‌دهد شبکهٔ پروازهای داخلی ایران طی این دوره، عوامل ساختاری مانند گرایش به تمرکز در اطراف هاب‌های ترافیکی، عوامل نهادی ـ سیاسی مانند جایگاه پایتخت و مراکز استانی، و وابستگی تاریخی شبکه به مسیرهای گذشته، همگی نقش پایدار و معناداری در شکل‌گیری پیوندهای پروازی داشته‌اند. همچنین، عامل جمعیت نیز به عنوان نیروی محرک کلیدی در جذب مسیرها، اهمیت فزاینده‌ای یافته است. در مجموع، تکامل شبکه نتیجهٔ تعامل هم‌زمان نیروهای ساختاری، نهادی، زمینه‌ای و جمعیتی است.

نتیجه‌گیری

در پاسخ به تحولات نظری و نیازهای عملی در مطالعات روابط بین شهری، این پژوهش با تکیه بر چارچوبی شبکه‌مبنا طراحی شد تا تمایز مفهومی میان «اتصال‌پذیری» و «قدرت کنترلی» شهرها را برجسته سازد. با تحلیل هم‌زمان جایگاه شهرها و ساختار کلی شبکهٔ پروازهای داخلی، تصویری چندبعدی از پویایی‌ها و بازآرایی‌های فضایی در نظام شهری ایران در بستر جریان‌های هوایی ارائه کرد. نتایج حاصل از تحلیل سنجش نقش و جایگاه شهری، الگوی روشنی از پویایی‌های کانون‌های اصلی شبکهٔ جریان هوایی کشور را پدیدار کرد: طی پنج دههٔ گذشته، مرکزیت شبکه از تمرکز مطلق فاصله گرفته و در چند هاب توزیع شده است، در حالی که این پراکنش مرکزیت به انتقال قدرت کنترلی منجر نشده است. به این‌ترتیب، استمرار تک‌هسته‌ای بودن قدرت در کنار چندمرکزی بودن نسبی مرکزیت شبکهٔ جریان هوایی نه یک ناسازگاری، بلکه پیامد مستقیم دو فرایند متمایز بازتولید مرکزیت و بازتولید قدرت در شبکه است. بر این اساس، گذار از ساختار متمرکز شبکهٔ جریان هوایی ایران، مستلزم بازاندیشی در سیاست‌گذاری فضایی و ارتقای کارکردی هاب‌های ثانویه و میانجی است. دستیابی به شبکه‌ای متوازن‌تر و تاب‌آورتر، در گرو تقویت پیوندهای افقی میان خوشه‌های منطقه‌ای، کاهش وابستگی به هاب مرکزی و توسعهٔ شهرهای دروازه‌ای با نقش کنترلی است. این امر نیازمند طراحی مداخلاتی است که به طور هم‌زمان سه عامل کلیدی را مد نظر قرار دهند: مزیت‌های نهادی (همچون مرکزیت سیاسی و استانی)، الگوهای جمعیتی و تقاضای سفر، و اینرسی تاریخی شبکه. تنها با لحاظ این متغیرهای پایدار و زمینه‌ای، می‌توان به تخصیص هوشمند ظرفیت‌های پروازی، تنوع‌بخشی مسیرها و تقویت پیوندهای کم‌بدیل دست یافت. تحقق چنین ساختاری، مستلزم تلفیق برنامه‌ریزی نهادی با سازوکارهای انگیزشی مبتنی بر داده و آینده‌نگرانه، در چارچوبی سازگار با حافظه تاریخی شبکه است؛ روندی که می‌تواند پراکنش مرکزیت را به بازتوزیع واقعی قدرت و بهبود کارایی و پایداری فضایی نظام شهری ایران پیوند دهد.

مقدمه

شهرهای معاصر در بستر فرایندهای جهانی شدن اقتصاد، همراه با شتاب‌گیری جریان‌های سرمایه و اطلاعات، و گسترش فناوری‌های ارتباطی، بیش از هر زمان دیگر به طور فزاینده‌ای در شبکه‌های پیچیده‌ای از روابط چندسطحی اقتصادی، اجتماعی و فناورانه به هم پیوند خورده‌اند (Derudder & Taylor, 2018). در چنین بستری، جایگاه و نقش شهرها دیگر ویژگی پایدار و ثابت تلقی نمی‌شود، بلکه برآمده از هم‌تکاملی مداوم در میان لایه‌های متکثر شبکه‌ها و الگوهای اتصال بین‌شهری است. فرایندی که در آن، تعاملات اقتصادی، اجتماعی و فناورانه در مقیاس‌های محلی و جهانی به طور هم‌زمان عمل می‌کنند و به بازتولید جابه‌جایی‌ها یا حتی فروپاشی موقعیت‌های شهری منجر می‌شود (Pflieger & Rozenblat, 2010). در نتیجه، دگرگونی‌های چندبعدی ناشی از این تعاملات، شبکهٔ شهری معاصر را به سامانه‌ای پویا و پیچیده تبدیل کرده است که ساختار آن به طور مداوم بازتعریف و بازآرایی می‌شود. این پویایی روابط بین شهری تأثیری بنیادین بر ساختار و سازمان نظام‌های شهری معاصر می‌گذارد و الگوهای جدید ساختاری از تمرکز/عدم‌تمرکز و نقش‌آفرینی شهرها پدیدار می‌سازد (Wang et al., 2025).

در رویکردهای سنتی و مبتنی بر نظریهٔ مکان مرکزی، پویایی نظام شهری به طور عمده در قالب جابه‌جایی رتبه‌ای شهرها در سلسله‌مراتبی مبتنی بر اندازهٔ جمعیت درک می‌شود؛ به این معنا که هر شهر بر اساس موقعیت مکانی خود و توانایی‌اش در ارائهٔ کالاها و خدمات به حوزهٔ نفوذ پیرامونی تعریف می‌شود. بنابراین، موقعیت شهر بیشتر جنبهٔ فضایی و عمودی دارد و بیانگر وابستگی محلی است (Taylor et al., 2010). در مقابل، در نگرش شبکه‌ای، موقعیت شهرها به‌شدت متأثر از پیوندهای افقی، متقارن و چندلایهٔ شبکه‌ای است. این روابط به مثابه فرایندهای فضایی نوین، مستقل از فاصلهٔ جغرافیایی عمل کرده و با بازتولید پیوندهای عملکردی و میانجی‌گرانه، نقش و موقعیت شهرها را در شبکه‌های شهری بازتعریف می‌کنند. چنین سازوکاری زمینه‌ساز شکل‌گیری پیوندهای هم‌افزا و ارتقای پویایی و کارکرد شبکه‌های نوین شهری را فراهم می‌آورند (Dadashpoor & Afaghpoor, 2016).

از منظر شبکه‌ای، دو مفهوم مرکزیت و قدرت شبکه‌ای به عنوان محورهای تحلیلی کلیدی، برای شناخت جایگاه و موقعیت شهری برجسته شده‌اند. این دو مفهوم گرچه عموماً معادل در نظر گرفته می‌شوند، ولی مفاهیمی مجزا با پیامدهای تحلیلی متفاوت برای جایگاه شهری در شبکه هستند. مرکزیت، به عنوان یکی از شاخص‌های قدیمی تحلیل شبکه‌های اجتماعی، جایگاه یک گره را بر اساس تعداد، شدت و موقعیت پیوندهای آن در ساختار شبکه مشخص می‌سازد. این شاخص تصویری از میزان اتصال‌پذیری و موقعیت نسبی شهرها در شبکه ارائه می‌دهد، اما به خلاف مرکزیت، قدرت در شبکهٔ شهرهای جهانی مفهومی صرفاً ایستا نداشته و به عنوان توان ناشی از موقعیت ارتباطی شهرها در شبکه و نقش آن در تسهیل و هدایت جریان سرمایه، اطلاعات و خدمات است. این نوع قدرت، ماهیتی افقی و توزیع‌شده دارد و هر شهر بسته به جایگاه خود در شبکه، سهمی از آن دارد (Taylor et al., 2002). آلن (۲۰۱۶) قدرت را مفهومی رابطه‌ای، پویا و بازتولیدشونده می‌داند که نه بر پایهٔ منابع ثابت و تعداد اتصالات، بلکه بر اساس شیوهٔ سازماندهی شبکه‌ای عمل می‌کند. او روابط قدرت را در قالب توپولوژی قدرت به مثابه آرایش‌هایی پویا و انعطاف‌پذیر تبیین می‌کند که در آن‌ها، قدرت از طریق بازآرایی و تاخوردگی شبکه‌ها بازتولید می‌شود و شکل‌های نوینی از حضور و اثرگذاری را ممکن می‌سازد. در این راستا، نیل (۲۰۱۱) با تقسیم کانون‌های شبکهٔ شهری بر اساس تمایز جایگاه قدرت و مرکزیت، نشان می‌دهد این دو مفهوم هم‌پوشانی کامل ندارند و برخی شهرها پراتصال، فاقد نفوذ راهبردی در شبکه هستند و برخی دیگر با وجود مرکزیت پایین، نقش کنترلی یا دروازه‌ای ایفا می‌کنند. از طرف دیگر، فلایگر و رزنبلات (۲۰۱۰) بیان می‌دارند که پویایی‌های نظام‌های شهری تنها در پرتو تعاملات جاری قابل درک نیست، بلکه به‌شدت تحت تأثیر وابستگی تاریخی پیوندها و بازتولید قدرت شبکه‌ای در گذر زمان قرار دارند. از دید آن‌ها، مرکزیت، شاخصی مقدماتی برای سنجش جایگاه کمی شهرهاست، در حالی که قدرت شبکه‌ای به توانایی شکل‌دهی به مسیرهای ارتباطی و انسجام فضایی مرتبط است؛ و این دو در بستر تاریخی و روابط تکرارشونده تثبیت یا تضعیف می‌شوند. بر این‌اساس، دو نکته بنیان نظری مطالعات جدید شبکه‌ای را تشکیل می‌دهد؛ اول، اینکه شهرها دیگر واحدهای منفرد در قلمرو سرزمینی نیستند، بلکه به مثابه گره‌هایی به‌هم‌پیوسته متشکل از شبکه‌های چندلایه عمل می‌کنند و جایگاه آن‌ها همواره در پرتو پویایی‌های روابط، بازآرایی می‌شود. نکتهٔ دوم، رابطهٔ شهر و شبکه، ماهیتی هم‌تکاملی داشته و همان‌گونه که گسترش و تحول شبکه‌ها به تغییر موقعیت و اهمیت شهرها منجر می‌شود، دگرگونی‌ها و نوآوری‌های شهری نیز ساختار و کارکرد شبکه‌ها را دستخوش تغییر می‌سازد.

اما یکی از چالش‌های بنیادین نظام شهری ایران، تمرکزگرایی شدید در توزیع منابع و قدرت است؛ تمرکزی که به‌ویژه در کلان‌شهری همچون تهران نمود یافته و به تضعیف نقش شهرهای کوچک و متوسط و کاهش پیوندهای افقی میان آن‌ها انجامیده است. این روند، تکامل ساختاری شبکه شهری را مختل کرده و مانع شکل‌گیری الگویی متوازن در نظام فضایی کشور شده است. بر این‌اساس، پژوهش حاضر به بررسی و تبیین پویایی‌های شبکهٔ شهری معاصر ایران می‌پردازد؛ پویایی‌هایی که در بستر تمرکزگرایی تاریخی و نابرابری فضایی، هم در قالب تغییرات مثبت و تکاملی و هم در بازتولید عدم توازن و تضعیف انسجام قابل مشاهده‌اند. در این چارچوب، دو سطح تحلیلی مورد توجه قرار گرفته است: در سطح خرد، با بهره‌گیری از شاخص‌های مرکزیت و قدرت بازگشتی، تغییرات جایگاه و نقش شهرها بررسی می‌شود؛ و در سطح کلان، با تمرکز بر ویژگی‌های شبکه‌های پیچیده، همچون الگوهای «مقیاس‌آزاد» و «جهان کوچک»، تحولات ساختاری کل شبکه تحلیل می‌شود. برای تحقق این هدف، از رویکرد جریان هوایی افراد در کنار چارچوب نظری شبکه‌های پیچیده و مدل نمایی تصادفی شبکه‌ای (Exponential Random Graph, ERGM) استفاده شده است. چنین رویکرد ترکیبی‌ای، امکان بازنمایی الگوهای ساختاری شبکه جریان‌های هوایی در مقاطع زمانی ده‌ساله (۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵)، تحلیل پیوسته شاخص‌های مرکزیت و قدرت بازگشتی، و واکاوی نقش اثرات درونی و عوامل بیرونی و اثر وابستگی‌های تاریخی در تثبیت یا تضعیف تمرکز فضایی شبکهٔ شهری ایران را فراهم می‌سازد. نوآوری این پژوهش در مقایسه با مطالعات شبکه‌مبنای پیشین نظیر سلیمانی و همکاران (۲۰۱۱) و داداش‌پور و همکاران (۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) و زیاری و همکاران (۲۰۲۱)، آن است که به خلاف رویکردهای عمدتاً مقطعی، این پژوهش به تحلیل روندهای بلندمدت و شناسایی اثرات وابستگی‌های شبکه‌مبنا و اندازه‌مبنا، در شبکهٔ شهری ایران پرداخته است. کانون اصلی پژوهش در پاسخ به دو پرسش زیر قرار دارد: ۱. طی چهار دههٔ گذشته، کانون‌های اصلی شبکهٔ شهری کشور (بر مبنای مفهوم مرکزیت و قدرت) در بستر فضای جریان‌ها ـ جریان هوایی افراد ـ کدام هستند و تغییرات در آرایش فضایی آن‌ها از چه الگو یا الگوهایی تبعیت کرده است؟ در چه سطح و جهتی، اثرات ساختاری درونی شبکه، متغیرهای بیرونی و وابستگی‌های تاریخی بر روندهای فضایی و پویایی‌های شبکهٔ شهری ایران اثرگذار بوده‌اند؟ بر این‌اساس، ساختار مقاله شامل مرور پیشینهٔ نظری و تبیین چارچوب مفهومی، تشریح روش‌شناسی، ارائهٔ یافته‌ها، و در نهایت بحث و نتیجه‌گیری است.

مبانی نظری تحقیق

در اواخر قرن بیستم و با آشکار شدن محدودیت‌های الگوهای سلسله‌مراتبی کلاسیک در تبیین پویایی‌های نظام‌های شهری، به واسطهٔ تبعات ناشی از جهانی شدن و گسترش اقتصاد خدماتی پیشرفته، نگرش شبکه‌ای به‌تدریج جایگزین رویکردهای پیشین در مطالعهٔ نظام‌های شهری شد (Neal, 2011). این تحول نظری، مسیر مطالعات شهری را به سمت تحلیل‌های نوین شبکه‌ای سوق داده و با بهره‌گیری از ابزارهایی مانند تحلیل شبکه‌های اجتماعی و شبکه‌های پیچیده، به بازاندیشی جایگاه و سلسله‌مراتب شهرها،

الگوهای چندمرکزی، پیوندهای اقتصاد فضایی با سنجه‌های شبکه‌ای، و مدل‌سازی پیچیدگی‌های درونی نظام‌های شهری منجر شده است (Peris et al., 2018).

تحول مفهومی مرکزیت و قدرت شبکه‌ای

بررسی تحولات نظری دو دهۀ اخیر مطالعات روابط بین شهری، نشان می‌دهد پویایی‌های نظام‌های شهری به طور فزاینده‌ای به سمت پیچیدگی، چندسطحی بودن و تعامل میان مقیاس‌ها حرکت کرده‌اند. شبکه‌های شهری نه فقط به عنوان ساختارهای ایستا، بلکه به مثابه فرایندهای پویا و در حال تکامل دیده می‌شوند که در آن شهرها و شبکه‌ها در یک رابطه هم‌تکاملی به بازتولید یکدیگر می‌پردازند. شهرهای امروزی در بستری از فضایی به طور فزاینده شبکه‌ای شده عمل می‌کنند و به عنوان کانون‌های اصلی سازماندهی جریان‌های مادی و اطلاعاتی، در مقیاس‌های مختلف ـ از سطح محلی تا جهانی ـ ایفای نقش می‌کنند (Abujder Ochoa et al., 2025). همراه با این تحولات نظری، چارچوبه‌های مفاهیم کلاسیکی مانند مرکزیت و قدرت نیز دیگر قابل تقلیل به شاخص‌های سنتی سلسله‌مراتبی یا رتبه‌بندی ساده نبوده، بلکه در بستر روابط پیچیدۀ شبکه‌ای بازتعریف و مورد سنجش واقع شده‌اند.

در مطالعات اولیۀ شبکه‌مبنا، اغلب فرض می‌شد که مرکزیت شهری به طور مستقیم معادل قدرت آن است؛ به این‌معنا که هرچه یک شهر در شبکۀ روابط بیشتری داشته باشد، قدرت بیشتری نیز برای هدایت جریان‌ها در شبکه خواهد داشت. این مفهوم که در مطالعات کلاسیک (Freeman, 1979) از رهگذر سنجش الگوهای اتصال‌پذیری و شبکه‌ای مورد سنجش واقع می‌شد، به عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی سازمان‌یابی روابط بین شهری شناخته می‌شد. ایروین و هیوز (۱۹۹۲) بیان می‌دارند که مرکزیت مفهومی چندبعدی است که جایگاه ساختاری شهرها را در شبکۀ تعاملات بازتاب می‌دهد. آن‌ها استدلال می‌کنند که سنجه‌هایی همچون مرکزیت درجه، نزدیکی و میانجی‌گری نه‌تنها الگوهای دسترسی و کنترل جریان‌ها را آشکار می‌سازند، بلکه به منزلۀ نوعی سرمایه ساختاری عمل می‌کنند که توانایی شهرها در جذب منابع، میانجی‌گری ارتباطات و بازتولید قدرت شبکه‌ای را توضیح می‌دهد. به این‌ترتیب، مفهوم مرکزیت ابزاری تحلیلی برای درک پویایی‌های رشد، افول و تسلط در نظام‌های شهری فراهم می‌آورد و پلی میان رویکرد سلسله‌مراتبی سنتی و دیدگاه شبکه‌ای معاصر ایجاد می‌کند (Irwin & Hughes, 1992). در مدل شبکه‌ای میجرز (۲۰۰۷) نیز مرکزیت هم‌ارز مفهوم ساختاری گره‌محوری (Nodality) دانسته شده و اهمیت یک شهر را بر مبنای روابط افقی و مکمل بودن کارکردها و جریان‌های دوطرفه مورد سنجش قرار می‌گیرد. تیلور و همکاران (۲۰۰۲) اگرچه مرکزیت را یکی از پیش‌شرط‌های قدرت شهری برمی‌شمرند، اما میان این دو تمایز قائل می‌شوند و نشان می‌دهند تسلط و قدرت در شبکۀ شهرهای جهانی نه فقط محصول شمار پیوندها، بلکه حاصل موقعیت ساختاری و کیفیت تعاملات میان شهری است. در همین راستا، آلدرسون و بیکفیلد (۲۰۰۴) با بهره‌گیری از تحلیل شبکه‌ای نشان می‌دهند جایگاه یک شهر در سلسله‌مراتب جهانی، علاوه بر مرکزیت، به دو مؤلفۀ مکمل «قدرت فرماندهی» و «پرستیژ یا جذابیت» وابسته است. آن‌ها استدلال می‌کنند که شهرهای مرکزی، به دلیل تمرکز شرکت‌های فراملی و ظرفیت فرماندهی بر جریان‌های سرمایه، از قدرت ساختاری بیشتری برای جهت‌دهی به شبکه برخوردارند؛ در حالی که برخی دیگر از شهرها، با وجود مرکزیت پایین‌تر، به واسطۀ نقش واسط، جذابیت یا تخصصی بودن پیوندها، می‌توانند جایگاهی اثرگذار در شبکۀ جهانی ایفا کنند. این تمایز نظری نشان می‌دهد رابطۀ مرکزیت و قدرت نه خطی و ایستا، بلکه پویا و وابسته به نوع و کیفیت روابط شبکه‌ای است؛ به گونه‌ای که شهرها بسته به ظرفیت میانجی‌گری، قابلیت جذب و ایفای نقش مکمل، می‌توانند در بازتولید سلسله‌مراتب و دینامیک‌های قدرت شبکه‌ای نقش‌آفرین شوند (Alderson & Beckfield, 2004). این خط تمایز در پژوهش‌های بعدی بسط نظری و عملی یافت و چارچوب تحلیلی روابط میان مرکزیت و قدرت را از سطح سنجش‌های کمی فراتر برد؛ به گونه‌ای که قدرت شهری نه به مثابه تابعی خطی از مرکزیت، بلکه به عنوان برساختی شبکه‌ای و چندبعدی درک شد که از خلال موقعیت‌های ساختاری، الگوهای هم‌پیوندی و ظرفیت‌های میانجی‌گری در شبکه بازتولید می‌شود (Allen, 2010). الن (۲۰۱۶) با نظام‌مند کردن مفهوم «توپولوژی‌های قدرت» نشان می‌دهد قدرت شهری برساختی شبکه‌ای و چندبعدی است که از خلال روابط فشرده و شیوه‌های «برد» و «حضور واسطه‌مند» عمل می‌کند؛ در این خوانش، روابط قدرت فضا را می‌سازند و فاصله/نزدیکی نه معیارهای صرفاً متریکی، بلکه حاصل تاخوردگی‌های رابطه‌ای‌اند که می‌توانند «دور» را نزدیک و «نزدیک» را دور کنند. بنابراین، شهری حتی با رتبه مرکزیت نه‌چندان بالا، اگر در اتصال خوشه‌ها، هدایت جریان‌های تخصصی یا ایجاد هم‌پیوندی‌های چندسطحی نقش میانجی ایفا کند، می‌تواند نفوذ ساختاری چشمگیری اعمال کند. این رویکرد توپولوژیک، با فاصله گرفتن از معادل‌سازی ساده «مرکزیت مساوی قدرت»، تحلیل را از شمار پیوندها به کیفیت پیوندها، موقعیت‌های واسط، و عمل نهادی قدرت گسترش داد. در امتداد این خط فکری، نیل (۲۰۱۱) نیز با به چالش کشیدن همسان‌انگاری رایج «مرکزیت مساوی قدرت»، دو تعریف و سنجۀ متمایز برای بازشناسی این مفاهیم در چارچوب نگرش شبکه‌ای پیشنهاد می‌کند: مرکزیت بازگشتی به منزلۀ ظرفیت تمرکز/انتشار منابع که به مرکزیت شرکای متصل وابسته است، و قدرت بازگشتی به مثابه توان کنترل جریان‌ها که از اتصال به شرکایی ناشی می‌شود که گزینه‌های جایگزین اندکی دارند (وابستگی بالای طرف مقابل). به این‌سان، مرکزیت تابع «کیفیت اتصال به گره‌های مرکزی» و قدرت تابع «اتصال به گره‌های کم‌بدیل» است؛ بنابر این شهری می‌تواند بسیار مرکزی ولی کم قدرت، یا برعکس قدرتمند، ولی نه چندان مرکزی باشد. از نظر نیل پیامد پویشی این تمایز روشن است؛ ارتقای «مرکزیت» مستلزم پیوندهای راهبردی به گره‌های خوب‌متصل است، حال آنکه تقویت «قدرت» نیازمند پیوند به گره‌های کم‌متصل و وابسته است؛ افزون بر آن، جایگاه یک شهر نه فقط به پیوندهای خودش، بلکه به ساختار و کیفیت پیوندهای شرکایش و به طور کلی به ریخت کل شبکه بستگی دارد. به همین‌دلیل، دگرگونی رتبه و نفوذ شهری امری مسیرمند و شبکه‌وابسته است و می‌تواند در لایه‌های مختلف شبکه (اقتصادی، زیرساختی، اطلاعاتی) به نقش‌های متفاوتی بینجامد (Neal, 2011). با این‌حال، بویید و همکاران (۲۰۱۳) بر این باورند که این تمایزگذاری عمدتاً در سطح محلی معنا پیدا می‌کند و برای درک کامل‌تر قدرت و مرکزیت در شبکۀ شهرهای جهانی، لازم است ساختار کل شبکه نیز در نظر گرفته شود. این بازاندیشی روش‌شناختی نشان داد قدرت شهری نه به عنوان وضعیتی ایستا یا صرفاً تابعی از روابط همسایگی، بلکه به عنوان برساختی در حال تکامل و وابسته به پیوندهای چندسطحی قابل فهم است. در این معنا، شهرها بسته به موقعیتشان در ساختار کلی، از طریق دسترسی غیرمستقیم، روابط واسطه‌ای و پیوندهای ارزشمند می‌توانند نفوذ خود را بازتولید کنند؛ حتی اگر از نظر مرکزیت در رتبه‌های بالایی قرار نداشته باشند. بنابراین، قدرت در شبکه‌های شهری محصولی شبکه‌ای و وابسته به کل ساختار است که با سنجه‌های محلی ساده قابل تقلیل یا توضیح کامل نیست (Boyd et al., 2013).

از سوی دیگر، فلایگر و روزنبلات (۲۰۱۰) بیان می‌دارند که جایگاه شهرها در نظام شهری تنها با سنجه‌های مقطعی شبکه‌ای یا سلسله‌مراتبی توضیح‌پذیر نیست، بلکه در بستر تاریخی تعامل شبکه‌های اقتصادی، اجتماعی، فناورانه و نهادی شکل می‌گیرد. از نظر آن‌ها، شهرها نه واحدهای منفرد، بلکه محل هم‌نشینی و برهم‌کنش شبکه‌های متنوع هستند؛ برهم‌کنشی که امکان شکل‌گیری صرفه‌های تجمع، اقتصادهای مقیاس‌مبنا و ظرفیت‌های نوآوری را فراهم می‌آورد و به برخی شهرها قدرت مضاعفی برای هدایت جریان‌ها می‌دهد. در این چارچوب، قدرت و مرکزیت از ترکیب نزدیکی جغرافیایی (که ریشه در منطق مکان مرکزی دارد)، نزدیکی شبکه‌ای (که فراتر از فاصلۀ مکانی عمل می‌کند)، و تنوع شبکه‌ها (که منابع و فرصت‌های مکمل را به هم پیوند

می‌زنـد) بازتولیـد می‌شـوند. این خط فکـری در پژوهش‌هـای بعدی توسـعه یافت؛ دوکـرو و همـکاران (۲۰۱۸) بـا تأکید بـر مفهوم وابسـتگی تاریخـی (Long-term interdependencies) نشـان دادنـد موقعیـت کنونـی شـهرها در شـبکهٔ جهانـی، بازتابـی از لایه‌هـای متراکمی از گذشـته نهادی و مسـیرهای تکاملی آن‌هاسـت. به بیـان دیگـر، قـدرت شـبکه‌ای فقـط محصـول پیوندهـای کنونـی نیسـت، بلکه در تعامـل بـا تاریخچـهٔ سـرمایه‌گذاری‌ها، زیرسـاخت‌ها و نهادهـای شـکل‌گرفته طی زمـان، قـوام می‌یابـد. در این خوانـش، مرکزیت و قدرت شـهری در قالـب فرایندی هم‌تکاملـی میـان شـهرها و شـبکه‌ها درک می‌شـوند که در آن مسـیرهای گذشـته فرصت‌هـا و محدودیت‌هـای امـروز را تعیین می‌کننـد. وانگ و همـکاران (۲۰۲۵)، نیـز در ایـن امتـداد نشـان می‌دهنـد مرکزیـت و قـدرت شـهری مفاهیمـی پویـا و تاریخمنـد هسـتند که جایـگاه کنونی شـهرها تنها بر پایـهٔ روابط فعلـی توضیح‌پذیر نیسـت، بلکـه بـه لایه‌هـای گذشـته سـرمایه‌گذاری‌ها، مسـیرهای نهـادی و وابسـتگی‌های تاریخـی نیـز وابسـته اسـت. در ایـن رویکـرد، قـدرت شـبکه‌ای نـه محصولـی ایسـتا از تعـداد پیوندها، بلکه برسـاختی چندمقیاسـی اسـت کـه از تعامل گذشـته و حـال شـبکه‌ها، موقعیـت سـاختاری و ظرفیت‌هـای راهبـردی شـهرها بازتولید می‌شود (Wang et al., 2025).

جمع‌بنـدی مبانـی نظـری نشـان می‌دهـد مرکزیـت و قـدرت در نظام‌های شـهری مفاهیمـی پویـا و چندبعدی‌انـد کـه نـه فقـط بـر شـمار پیوندهـا یـا رتبه‌بندی‌های سلسـله‌مراتبی، بلکـه بـر کیفیـت روابـط سـاختار کل شـبکه و تعامـل مـداوم میان گذشـته و حـال اسـتوارند. وابسـتگی‌های تاریخی، ویژگی‌های سـاختاری شـبکه و شـرایط نهـادی و جغرافیایـی موجـب می‌شـوند کـه جایـگاه شـهرها در سـطوح محلـی، منطقـه‌ای و جهانی پیوسـته بازتعریف شـود. بر این‌اسـاس، تسـلط شـهرها در شـبکه را نمی‌تـوان فقـط بـه مرکزیـت تقلیـل داد، بلکـه بایـد آن را نتیجـه برسـاختی شـبکه‌ای و تاریخمند دانسـت که در بستر تعاملات چندسـطحی بازتولید می‌شود.

مواد و روش‌ها

روش به‌کاررفتـه در ایـن پژوهـش، توصیفـی ـ تحلیلی بـا رویکرد کمـی داده‌محور اسـت. در این پژوهش از رویکرد شـبکه‌ای جریان هوایی اسـتفاده شـده اسـت. این رویکـرد بـه دلیـل کارایـی بالاتر و نیـاز بـه درک عمیق از شـبکه‌های زیرسـاختی، جریـان مسـتمر جمعیـت و کالا، تأکیـد بـر ارتباطـات فیزیکـی سـریع و دوربـرد، و توانایـی آن در آشکارسـازی وابسـتگی‌های فضایی مسـتقل از فاصلـه، از ارجح‌ترین روش‌هـای تجربـی شـبکه‌ای برشـمرده شـده اسـت (Neal, 2014). بـرای آماده‌سـازی داده‌هـا از نرم‌افـزار Excel، بـرای تحلیـل شـاخص‌های و بازنمایی الگو سـاختاری شـبکهٔ پیچیـده از نرم‌افـزار Gephi، بـرای تحلیـل اثرگـذاری عوامـل (درونـی و بیرونـی) و وابسـتگی تاریخـی شـبکه از برنامـهٔ شبیه‌سـازی مدل‌هـای نمایـی تصادفـی شـبکه‌ای (ERGM) در شـبکه‌های چندسـطحی، (نرم‌افـزار MPNet)، بهره‌گیری شده است.

معرفی داده‌ها، متغیرها و شاخص‌ها

بـرای تحلیـل شـبکه‌ای بلندمـدت نظام شـهری در مقیـاس ملی، تنها منبـع موجود قابل اتکا، آرشـیو آماری مسـافران شـبکهٔ جریان سـفرهای هوایی کشـور اسـت. بر این‌اسـاس، داده‌هـای مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهش شـامل اطلاعـات جابه‌جایی بـه تفکیـک مبـدأ و مقصد (در مقاطـع زمانی ده‌سـاله از ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵)، اسـتخراج شـد. بـا وجـود انتشـار رسـمی، کیفیـت و پوشـش داده‌هـای پـروازی، یکـی از چالش‌هـای اصلـی ایـن پژوهش بـود؛ به گونـه‌ای که شـهرهای فاقد فـرودگاه یا با پروازهـای نامنظـم و نیـز داده‌هـای ناقـص، ناگزیـر از تحلیل کنار گذاشـته شـدند. عـلاوه بـر ایـن، داده‌های موجـود عمدتاً مسـیرهای مسـتقیم را پوشـش می‌دهند و پیوندهـای غیرمسـتقیم را نادیـده می‌گیرنـد؛ مسـئله‌ای کـه می‌توانـد بـه حـذف بخشـی از روابـط واقعـی و سـوگیری شـاخص‌های شـبکه‌ای منجـر شـود. بـا این‌حـال، مطالعـات بین‌المللـی نشـان می‌دهنـد از طریـق تمرکـز بـر روندهـای بلندمـدت، اسـتفاده از شـاخص‌های پایـدار و شفاف‌سـازی دامنهٔ داده‌هـا، می‌توان از همیـن اطلاعات بـرای بازنمایی سـاختار عملکردی شـبکهٔ شـهری در مقیاس ملی بهـره گرفـت، بـدون آنکـه اعتبـار علمـی تحلیـل خدشـه‌دار شـود (Wang et al., 2014; Zhang et al., 2021). در ایـن پژوهـش، بـا اتـکا بر داده‌هـای آماری پرواز و انتخـاب دوره‌هـای ده‌سـاله تلاش شـده اسـت تـا با کاهـش نوسـانات کوتاه‌مدت و تمرکـز بـر روندهـای پایدارتر، بازنمایی معتبری از سـاختار فضایی شـبکهٔ شـهری ارائـه شـود. همسـویی این بازه‌هـای زمانی با دوره‌هـای سرشـماری عمومی نفوس و مسـکن نیـز امـکان بهره‌گیری مؤثـر از داده‌هـای اندازه‌مبنـا (جمعیـت) و انطباق آن‌هـا را فراهـم سـاخته اسـت. اتخـاذ ایـن رویکـرد به‌ویـژه از آن جهـت ضـروری اسـت کـه دگرگونی‌هـای سـاختاری در شـبکهٔ شـهری ماهیتـی بلندمـدت دارنـد و پیامدهـای آن‌هـا اغلـب بـا تأخیـر زمانـی بـروز می‌یابنـد. افـزون بـر ایـن، بـا شفاف‌سـازی محدودیت‌هـای داده‌ای در طراحـی روش تحقیق، تلاش شـده اسـت تفسـیر نتایـج در چارچـوب ظرفیت واقعـی داده‌ها صورت گیـرد تا بازنمایی سـاختار عملکردی شـبکه از اعتبار علمی لازم برخوردار باشـد. جدول ۱ مشـخصات شـبکهٔ شـهرهای فرودگاهـی منتخـب این پژوهـش را به طـور خلاصه نشـان می‌دهد. در ایـن جـدول، منظـور از تعداد گره‌هـا، مجموعهٔ شـهرهای فرودگاهی کشـور و تعداد پیوندهـا، خطـوط هوایـی میان شـهرها فارغ از جهت اسـت. بـا توجه به تعـداد زیاد شـهرها و تکـرار نـام آن‌هـا در هـر دوره، در ایـن جـدول به‌اختصـار تعـداد و نـام مجموعـه شـهرهای فرودگاهـی کشـور درج شـده اسـت. بر این‌اسـاس، بـرای هر دورهٔ زمانـی ماتریس‌هـای گره‌گاهـی (نمایانگـر حجـم مسـافران بین‌شـهری) و ماتریس‌هـای مجـاورت (نمایانگـر وجـود داشـتن یـا نداشـتن پیوند میان شـهرها) برای دوره‌های ده‌ساله ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ تهیه شد.

جدول ۱. مشخصات شبکهٔ حمل‌ونقل هوایی کشور، اطلاعات استخراج‌شده از سالنامه‌های آماری سازمان هواپیمایی کشور ۱۳۵۵–۱۳۹۵، منبع: (CAO., IRI, 1976–2021)

مشخصات ساختاری شبکه	سال	۱۳۵۵	۱۳۶۵	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۵
	تعداد گره‌ها	۲۴	۱۷	۲۵	۵۴	۵۸
	تعداد پیوندها	۴۴	۳۶	۸۰	۱۳۴	۱۷۱
نام شهرهای فرودگاهی مورد استفاده در این پژوهش (۵۸ شهر)		آبادان، آقاجاری، ابوموسی، اراک، اردبیل، ارومیه، اصفهان، اهواز، ایرانشهر، ایلام، بجنورد، بم، بندر لنگه، بندرعباس، بوشهر، بیرجند، تبریز، تهران (مهرآباد)، جم (توحید)، جیرفت، چابهار، خارک، خرم آباد، خوی، دزفول، دیلم (بهرگان)، رامسر، رشت، رفسنجان، زابل، زاهدان، زنجان، ساری، سنندج، سیرجان، سیری، شاهرود، شهرکرد، شیراز، طبس، عسلویه (خلیج فارس)، قشم، کاشان، کرمان، کرمانشاه، کلاله، کیش، گچساران، گرگان، لار، لامرد، لاوان، ماهشهر، مشهد، نوشهر، همدان، یاسوج، یزد.				

در گام بعـدی و بـر اسـاس چارچـوب نیـل (۲۰۱۱)، برای سـنجش جایـگاه و نقش شـهرها در شبکه از شـاخص‌های «مرکزیت بازگشـتی» (RC) و «قدرت بازگشتی» (RP) اسـتفاده شـد. شـاخص RC اهمیـت شـبکه‌ای هر شـهر را با لحـاظ پیوندهای مسـتقیم و غیرمسـتقیم بـا مراکـز پرنفوذ نشـان می‌دهـد، در حالی که شـاخص RP

بعد کنترلی شبکه را برجسته کرده و توان شهر در هدایت جریان میان شهرهای کم‌ارتباط‌تر را بازتاب می‌دهد. بهره‌گیری توأمان از این دو شاخص امکان تمایز میان «مرکزیت» و «قدرت» و شناسایی الگوی چندسطحی تسلط شهری در شبکه را فراهم می‌سازد. به منظور استخراج مؤلفهٔ تسلط و سطح‌بندی شهرها از رویکرد چهاربخشی (Quadrant Analysis) استفاده شد. در این چارچوب، شهرها به چهار دسته تقسیم می‌شوند: کانون‌های اصلی کنترلی (RC و RP بالا) که جایگاه مسلط در شبکه دارند؛ مراکز پیونددهنده یا هاب‌ها (RC بالا و RP پایین) با نقش ارتباطی پررنگ، اما بدون قدرت کنترلی؛ شهرهای دروازه‌ای (RC پایین و RP بالا) که با وجود مرکزیت اندک توان هدایت جریان‌ها را دارند؛ و در نهایت شهرهای پیرامونی (RC و RP پایین) که در موقعیتی حاشیه‌ای قرار گرفته و نقشی تعیین‌کننده در ساختار شبکه ایفا نمی‌کنند. در تعیین آستانه‌ها، مقادیر RC و RP بر اساس نرمال‌سازی شاخص‌ها و تحلیل توزیع آن‌ها در شبکه انتخاب شد. این چارچوب در پیوند با ادبیات نظری شبکه‌مبنا، امکان تفکیک معتبر و قابل تفسیر چهار گروه کارکردی شهرها را فراهم می‌سازد. نحوهٔ محاسبهٔ این شاخص‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. شاخص‌های مرکزیت و قدرت بازگشتی کانون‌های شبکه، منبع: (Neal, 2011)

شاخص	فرمول ریاضی	تعریف، ویژگی‌ها و نمادها
مرکزیت بازگشتی	$RC_i = \sum_j R_{ij} \times DC_j$	مرکزیت بازگشتی شهر i نه تنها به تعداد و شدت ارتباطات مستقیم آن بستگی دارد، بلکه به کیفیت این ارتباطات هم حساس است. اگر یک شهر به شهرهایی وصل باشد که خودشان بسیار پرارتباط هستند، امتیاز بیشتری می‌گیرد. در این فرمول R_{ij} برابر با شدت یا وزن رابطه (مثلاً تعداد مسافر) بین گره/شهر i و j است. DC_j برابر با مرکزیت درجهٔ شهر j، یعنی ارتباطاتش با دیگر شهرهاست.
قدرت بازگشتی	$RP_i = \sum_j R_{ij} \times \frac{1}{DC_j}$	این شاخص قدرت نسبی یک گره را نشان می‌دهد؛ هر چه همسایه‌های یک شهر درجهٔ پایین‌تری داشته باشند، سهم آن‌ها در قدرت شهر بالاتر می‌شود. در این فرمول i، شهر مورد نظر، j هر یک از شهرهایی که با i ارتباط دارند. R_{ij} وزن یا شدت رابطه بین شهر i و j (تعداد مسافر در این پژوهش) و DC_j درجهٔ مرکزیت شهر j، یعنی مجموع روابطی که j با بقیه شهرها دارد.

بازنمایی الگوی تحول ساختاری شبکه

برای بررسی تحولات شبکه جریان هوایی کشور، از شاخص‌های مرتبط با دو الگوی غالب در شبکه‌های حمل‌ونقل هوایی یعنی «جهان کوچک» و «مقیاس‌آزاد» استفاده شد. الگوی جهان کوچک بر ترکیب فاصلهٔ متوسط کوتاه میان گره‌ها با خوشه‌بندی بالا دلالت دارد؛ به گونه‌ای که طول مسیر بین هر دو گره مشابه شبکه‌های تصادفی است، اما ضریب خوشه‌بندی به‌مراتب بالاتر است. در مقابل، الگوی مقیاس‌آزاد بیانگر سلسله‌مراتب هاب‌هاست؛ جایی که توزیع درجه از قانون توانی تبعیت کرده و تنها چند گره با درجهٔ بسیار بالا بخش عمده جریان‌ها را در کنترل دارند (Ducruet & Beauguitte, 2014). فرمول‌های این شاخص‌ها در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۳. شاخص‌های ساختاری الگوی شبکه، منبع: (Newman ,2010)

الگوی ساختاری	شاخص	فرمول ریاضی	تعریف، ویژگی‌ها و نمادها
جهان کوچک شرط: L کوتاه و C بالا	L میانگین طول مسیر	$L = \frac{1}{N \times (N-1)} \times \sum_{i \neq j} d_{ij}$	سنجش کارایی و نزدیکی شبکه؛ شاخص اصلی جهان‌کوچک. dij کوتاه‌ترین مسیر بین i و j، در جهان‌کوچک، L کوتاه و نزدیک به شبکهٔ تصادفی.
	C ضریب خوشه‌بندی	$C = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^{N} \frac{2e_i}{k_i(k_i-1)}$	نشان‌دهندهٔ خوشه‌مندی محلی و انسجام. k_i: درجهٔ گره i، e_i: تعداد یال بین همسایه در جهان کوچک،
مقیاس آزاد شرط: $P(k) \sim \gamma^{-k}$ $2< \gamma <3$	P(k) توزیع درجه	$P(K) \sim k^{-\gamma}$	آزمون قانون توانی و شناسایی‌هاب‌ها (مقیاس‌آزاد). احتمال وجود گره با k. در شبکهٔ مقیاس آزاد، p(k) دنباله سنگین دارد و نمای توان γ معمولاً بین ۲ و ۳.

مدل نمایی تصادفی شبکه‌ای

برای تحلیل نقش عوامل زمینه‌ای ساختاری، نهادی و تاریخی در شکل‌گیری پیوندهای شبکهٔ حمل‌ونقل هوایی کشور، از مدل نمایی تصادفی شبکه‌ای ERGM استفاده شد. این مدل یکی از رویکردهای پیشرفته در تحلیل شبکه‌های اجتماعی و شهری است که به طور خاص برای شناسایی الگوهای زیرساختی در ایجاد یا عدم ایجاد پیوندها به کار می‌رود. بهره‌گیری از این مدل، امکان می‌دهد احتمال مشاهدهٔ یک شبکهٔ خاص بر اساس ترکیب مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و پارامترهای ساختاری برآورد شود و به این‌ترتیب بتوان نقش مکانیسم‌های مختلف را در شکل‌گیری روابط شبکه‌ای بررسی کرد. این مدل قادر است هم اثرات درون‌شبکه‌ای و هم اثرات بیرونی را به طور هم‌زمان در شکل‌گیری ساختار روابط در نظر بگیرد (Lusher et al., 2013). بر این‌اساس در این پژوهش، اثرات درونی ساختاری شبکه (دو اثر درون‌زا اصلی؛ یعنی اثر چگالی مسیرهای پروازی و اثر تمرکز روابط در اطراف هاب‌ها)، عوامل بیرونی (عامل جمعیت به عنوان نمود توسعهٔ اقتصادی شهرها و اثر پایتخت/مرکز استان بودن شهرها به عنوان نمود عامل نهادی ـ سیاسی)، و عامل وابستگی تاریخی شبکه (اینرسی پایداری پیوندها در دوره‌های متوالی) انتخاب شده‌اند. برای برآورد پارامترهای مدل از نرم‌افزار MPNet استفاده شد (Wang et al., 2022).

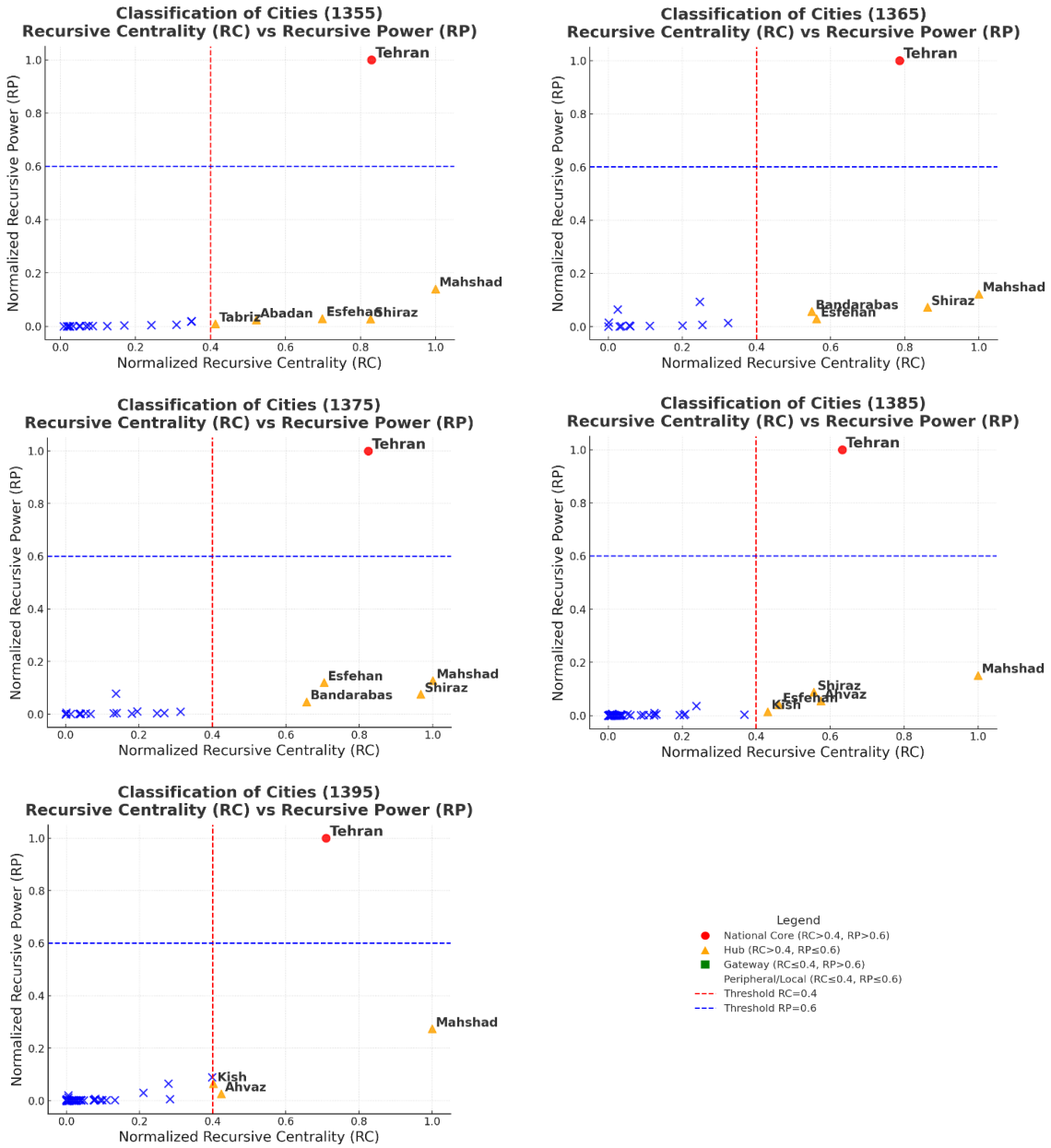
بحث و ارائهٔ یافته‌ها

پس از اجرای مراحل سه‌گانهٔ مدل ترکیبی پژوهش، نتایج به شرح زیر ارائه و یافته‌ها تشریح می‌شود.

سنجش مرکزیت و قدرت شبکه‌ای

دو شاخص مرکزیت بازگشتی (RC) و قدرت بازگشتی (RP) برای پنج مقطع ده‌ساله (۱۳۵۵تا ۱۳۹۵) محاسبه شد. برای هم‌سنجی زمانی، هر دو شاخص در هر دورهٔ نرمال‌سازی (بین ۰ تا ۱) شده‌اند. به منظور اجتناب از ارائهٔ جداول طولانی مرتبط با مقادیر تک‌تک شهرها، نتایج محاسبات به صورت خلاصه

در قالب پنج نمودار پراکنش در شکل ۱ نمایش داده شده است. در این نمودارها، موقعیت هر شهر در دستگاه مختصات دوبعدی RC و RP ترسیم شده و به این‌ترتیب الگوی کلی جایگاه و نقش استیلای شهرها در شبکه طی زمان به‌روشنی قابل مشاهده و ردیابی است. بر اساس نرمال‌سازی مقادیر شاخص‌ها و بررسی توزیع آن‌ها مقادیر آستانه‌ها RC=0.4 و RP=0.6 انتخاب شدند.



شکل ۱. مقایسهٔ پراکنش شهرهای فرودگاهی ایران بر اساس مرکزیت و قدرت طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵

همان‌گونه که در پنج نمودار پراکنش یادشده مشاهده می‌شود، جایگاه شهرها در شبکهٔ جریان هوایی کشور طی پنج دههٔ گذشته، تغییرات قابل توجهی را تجربه کرده است. تحلیل این تحولات بر اساس چارچوب چهاربخشی ارائه‌شده، نشان می‌دهد تمرکز قدرت و مرکزیت در شبکه به صورت متفاوتی توزیع شده است. در دههٔ نخست (۱۳۵۵)، تهران تنها شهر قرارگرفته در ربع اول (RC↑, RP↑) بوده و نقش هستهٔ کانونی شبکه را به عهده داشته است. در مقابل شهرهایی مانند مشهد، شیراز، اصفهان، تبریز و آبادان در ربع دوم (RC↑, RP↓) جای گرفته‌اند. این امر نشان می‌دهد اگرچه این شهرها از مرکزیت نسبی برخوردار بوده‌اند، اما توان کنترلی بر شبکه نداشتند و سایر شهرها در نقش شهرهای پیرامونی و در ربع چهارم (RC↓, RP↓) هستند. به این‌ترتیب، ساختار شبکه در این دوره به‌وضوح تک‌مرکزی و متکی بر تهران واقع بوده است. در دورهٔ بعدی (۱۳۶۵)، ساختار کلی تغییر چندانی نکرده است

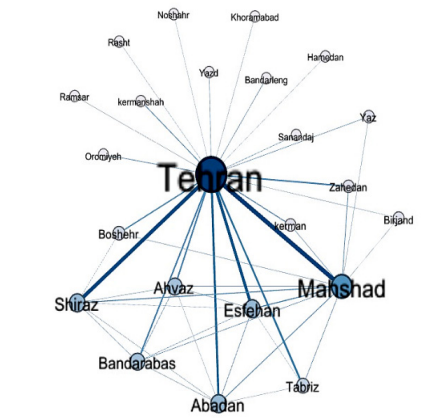
و تهران همچنان استیلای خود را بر کل شبکه حفظ کرده با این‌حال، مشهد و شیراز با RC بالا نقش هاب‌های پرترافیک شبکه را ایفا کردند و شهرهایی همچون اصفهان و بندرعباس به عنوان مراکز منطقه‌ای نوظهور، در سطح هاب‌های شبکه قرار گرفتند. این وضعیت نشان‌دهندهٔ آغاز فرایند پراکنش ملایم مؤلفهٔ تسلط در شبکه است، هرچند ساختار شبکه همچنان تک‌کانونی باقی مانده است. دورهٔ ۱۳۷۵، ضمن تداوم برتری تهران و حضور مسلط در ربع نخست، مشهد به عنوان رقیب بالقوه ظاهر می‌شود؛ RC آن به ۰/۱ می‌رسد و RP آن نیز افزایش نسبی پیدا می‌کند. در کنار آن، اصفهان و شیراز نقش پیونددهنده‌های مهمی یافتند. بنابراین الگوی این دوره نیز حکایت از ادامهٔ تمرکز قدرت در تهران همراه با گسترش مرکزیت در چند شهر بزرگ دیگر است. در نیمهٔ دههٔ ۱۳۸۰، تهران همچنان شهر مسلط شبکه باقی ماند، اما شبکه شاهد ظهور هاب‌های پر اتصال جدیدی همچون اهواز و کیش در ربع دوم بود. این شهرها RC متوسط به بالا داشتند و توانستند به عنوان اتصالات منطقه‌ای و گردشگری نوظهور عمل کنند. با این‌وجود، RP آن‌ها پایین بود و امکان ورود به نقش کنترلی و فرماندهی را پیدا نکردند. در این دوره، شبکه به سمت چندگانگی در مرکزیت حرکت کرده، اما الگوی قدرت شهری همچنان متمرکز باقی مانده است. در پایان دوره (۱۳۹۵)، ساختار کلی شبکه تغییر بنیادینی مشاهده نمی‌شود، تهران همچنان RP≈1.0 دارد و نقش هستهٔ کانونی فرماندهی و کنترل شبکه را ایفا می‌کند. مشهد با RC=1.0 و RP≈0.28 جایگاه خود را به عنوان یک هاب پرترافیک تثبیت کرده است. شهرهای کیش و اهواز نیز در آستانهٔ ورود به نقش اتصالات منطقه‌ای قرار دارند. به این‌ترتیب در حالی که مرکزیت به صورت نسبی در شبکه توزیع شده، قدرت ساختاری همچنان در انحصار تهران باقی مانده است.

الگوی مشاهده‌شده در پنج دههٔ گذشته نشان می‌دهد ساختار شبکه جریان هوایی ایران به طور پایدار تک‌مرکزی در بعد قدرت و چندمرکزی نسبی در بعد مرکزیت باقی مانده است. تمرکز RP در تهران بیش از هر چیز بازتابی از جایگاه این شهر به عنوان پایتخت سیاسی و اداری در مقیاس ملی است. علاوه بر این، تمرکز اقتصادی و جمعیتی تهران و نیز اینرسی ساختاری شبکه در تداوم پیوندهای تاریخی مسیرهای هوایی، زمینهٔ تثبیت موقعیت استیلای شهر تهران بر کل شبکهٔ شهری کشور را تقویت کرده است. از سوی دیگر، نبود شهرهایی با نقش دروازه‌ای (Gatekeepers) یا کنترل‌گران پنهان در کل دوره‌ها بیانگر آن است که پیوندهای افقی میان مراکز منطقه‌ای کشور توسعهٔ کافی نیافته و شبکه بیش از اندازه به الگوی «پرتاب ـ جذب» یا «هاب و اسپوک» از تهران، متکی بوده است. این وضعیت موجب شده است که شهرهایی همچون مشهد، شیراز، اصفهان یا کیش علی‌رغم ارتقای مرکزیت، نتوانند به آستانه‌های قدرت کنترلی وارد شوند. در این‌میان، بخش بزرگی از شهرها نیز در سطح پیرامونی/محلی باقی مانده‌اند. چنین وضعیتی به معنای ایفای نقش محلی و محدود آن‌ها در شبکه است که ضمن حفظ تمرکز جریان‌ها در چند هاب اصلی، کارایی توزیع متوازن را کاهش می‌دهد. با این‌حال، بررسی روند پنج دههٔ اخیر نشان می‌دهد برخی شهرها به‌ویژه مشهد توانسته‌اند در بعد مرکزیت موقعیت خود را ارتقا دهند و به عنوان هاب‌های پرترافیک در مقیاس ملی ظاهر شوند. این تحول نشان‌دهندهٔ ظرفیت بالقوه برای تقویت هاب‌های ثانویه در برنامه‌ریزی‌های آینده است.

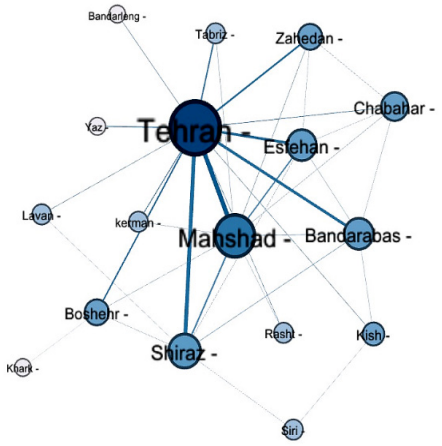
الگوی تحول ساختاری شبکه

برای ارائهٔ الگوی تحول ساختاری شبکه جریان هوایی در دورهٔ زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵، شاخص‌های کلیدی شبکه شامل میانگین طول مسیر، ضریب خوشه‌بندی و توزیع درجه در هر دوره محاسبه شد. بر این‌اساس، الگوی ساختاری شبکه در هر دوره بر مبنای این ویژگی‌های حاصل از این شاخص‌ها تبیین شده است.

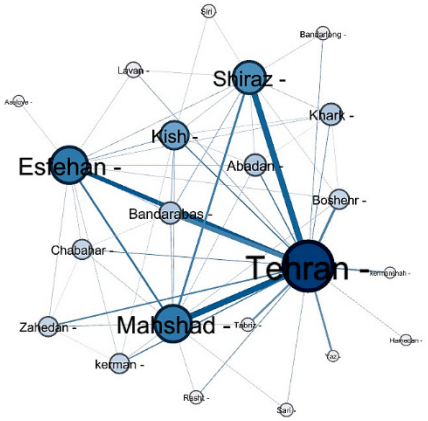
الگوی اولیه ساختار شبکهٔ پروازهای داخلی ایران در سال ۱۳۵۵، الگویی کاملاً متمرکز و هسته ـ پیرامون را نشان می‌دهد، به طوری که بیشتر جریان‌ها بر محور تهران متمرکز بودند و سایر شهرها نقش حاشیه‌ای ایفا می‌کردند. شاخص‌ها نیز این وضعیت را تأیید می‌کنند؛ میانگین طول مسیر در این دوره نسبتاً بالا و حدود ۳/۴ بود و ضریب خوشه‌بندی پایین‌تر از ۰/۲ برآورد شد، که نشان‌دهندهٔ ضعف پیوندهای جانبی میان فرودگاه‌های پیرامونی است. همچنین، توزیع درجهٔ هیچ الگویی از قانون توانی نداشت و بنابراین، ساختار مقیاس‌آزاد نیز مشاهده نشد. در مجموع، شبکه در این مقطع بیشتر به یک ساختار سلسله‌مراتبی شباهت داشت. در دهه‌های بعدی (۱۳۶۵ و ۱۳۷۵) شبکهٔ هوایی ایران وارد مرحلهٔ گسترش و تنوع‌یافتگی شد. تعداد شهرهای متصل افزایش یافت و هاب‌های منطقه‌ای جایگاه پررنگ‌تری پیدا کردند. شاخص‌ها نیز این روند را تأیید می‌کنند؛ میانگین طول مسیر در این دوره به حدود ۲/۹ کاهش یافت و ضریب خوشه‌بندی به بیش از ۰/۳ رسید که بیانگر تقویت پیوندهای جانبی و کاهش وابستگی مطلق به تهران است. هرچند تهران همچنان نقش غالب خود را حفظ کرد، اما برخی شهرها به عنوان هاب‌های جدید (مرکزی اما نه قدرتمند) ظاهر شدند. در مجموع، دهه‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۷۵ نمایانگر گذار به سمت الگوی جهان‌کوچک همراه با شروع شکل‌گیری سلسله‌مراتب هاب‌ها، اما نه یک شبکهٔ مقیاس‌آزاد کامل و در مجموع الگوی گسترش و تنوع‌یافتگی در ساختار شبکه است. در سال ۱۳۸۵ شبکهٔ پروازهای داخلی ایران ساختاری یکپارچه‌تر و متراکم‌تر یافت. شاخص‌های محاسبه‌شده نشان می‌دهند طول مسیر متوسط با مقدار ۲/۰۰ و ضریب خوشه‌بندی با مقدار ۰/۵۱ ارتقا یافته است؛ ترکیبی که به‌روشنی مراحل اولیهٔ شکل‌گیری الگوی جهان‌کوچک را تأیید می‌کند. در عین حال، توزیع نامتوازن درجه‌ها و تمرکز پروازها بر تعداد محدودی هاب اصلی، نشان‌دهندهٔ ساختاری مقیاس‌آزاد نیز است. بنابراین در سال ۱۳۸۵ هم‌زمان واجد ویژگی‌های جهان‌کوچک، یعنی کوتاهی مسیرها و خوشه‌بندی بالا، و مقیاس‌آزاد، (یعنی وجود هاب‌های پرقدرت) در کنار پیرامون کم‌اتصال، بوده و این وضعیت بیانگر روند ادغام فضایی همراه با تثبیت سلسله‌مراتب هاب‌محور در ساختار هوایی کشور است. در سال ۱۳۹۵ شبکهٔ پروازهای داخلی ایران به مرحله‌ای رسید که می‌توان آن را نمونه‌ای تثبیت‌شده از یک شبکهٔ تلفیقی مقیاس‌آزاد و جهان‌کوچک دانست. طول مسیر متوسط با مقدار ۲/۰۵ باقی ماند و ضریب خوشه‌بندی با مقدار ۰/۵۷ نسبتاً بالا بود؛ ترکیبی که به‌روشنی ویژگی‌های جهان‌کوچک را نیز نشان می‌دهد. از سوی دیگر، توزیع درجه‌ها شکل پهن‌دُم پیدا کرده است؛ تهران با درجهٔ ۵۷ همچنان هاب مسلط شبکه است، اما هاب‌های منطقه‌ای جایگاه تثبیت‌شده‌ای یافته‌اند. این وضعیت نشان می‌دهد شبکه نه‌تنها ساختاری مقیاس‌آزاد با تمرکز شدید بر تعداد محدودی هاب دارد، بلکه هم‌زمان با کوتاهی مسیرها و خوشه‌بندی بالا ویژگی‌های جهان‌کوچک را نیز دارد. در نتیجه، شبکهٔ هوایی ایران در سال ۱۳۹۵ مرحلهٔ بلوغ خود را طی کرده و از یک تمرکز سلسله‌مراتبی صرف به سوی ساختاری چندمرکزی و شبکه‌ای حرکت کرده است. بازنمایی الگوی ساختاری شبکه در هر دوره در شکل ۳ نمایش داده شده است.



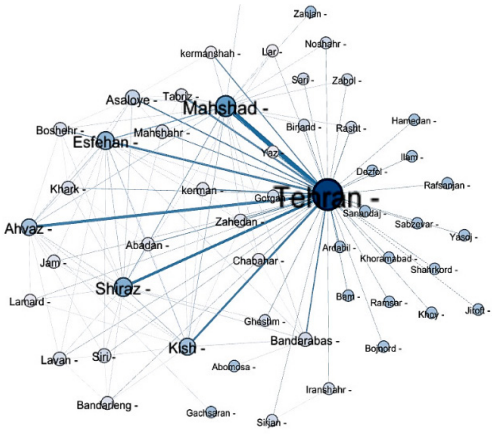
Iranian air network in 1976 (1355)



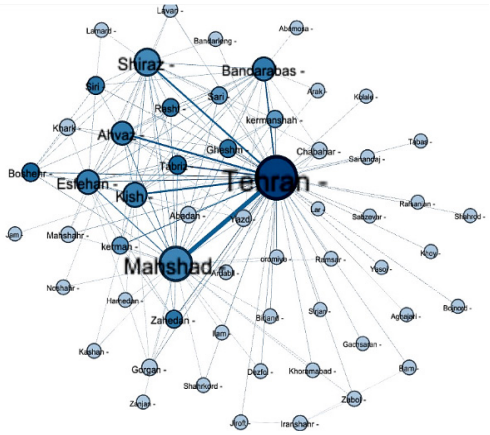
Iranian air network in 1986 (1365)



Iranian air network in 1996 (1375)



Iranian air network in 2006 (1385)



Iranian air network in 2016 (1395)

شکل ۲. مراحل تحول شبکهٔ جریان هوایی ایران، ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵(منبع یافته‌های پژوهش با استفاده از (Gephi (Bastian et al., 2021

بررسی اثرات ساختاری، نهادی و زمینه‌ای

در ایـن مرحلـه پـس از آماده‌سـازی ماتریس‌های مجـاورت و گـردآوری متغیرهای پیوسـته و طبقه‌بندی‌شـده توصیفـی (جمعیـت و پایتخت/مرکـز اسـتانی بـودن) شـهرها، مـدل نمایـی تصادفـی شـبکه‌ای (ERGM) بـرای هـر دوره در نرم‌افـزار MPNet بـرآورد شـد. ابتـدا در مرحلهٔ A1، سـاختار پایه شـبکه با وارد کـردن دو اثر درون‌زای اصلـی شـامل: Ed-Edge (نمایانگر چگالی مسـیرهای پـروازی) و ASA- Alternating k-stars (نمایانگـر الگـوی تمرکـز روابط در اطـراف تعداد محدودی از گره‌هـای مرکـزی یـا شـکل‌گیری هاب‌هـا) بـرآورد شـد تا نقـش تمایـل درونی شـبکه در تراکـم پیوندهـا و ایجـاد مراکز تمرکـز، به طور مسـتقیم آزموده شـود. در گام دوم A2، متغیـر پیوسـتهٔ بیرونـی جمعیـت (Pop-Population) هـر شـهر بـه عنـوان نمـادی از سـطح توسـعهٔ اقتصادی افزوده شـد. سـپس در گام سـوم A3، اثر نهـادی ـ سیاسـی ناشـی از موقعیـت پایتخـت یـا مرکز اسـتان بـودن یا غیـر مرکز اسـتانی شـهرها (Cap/Pro-Capital/Province) بـه صـورت متغیـر گـره‌ای طبقه‌بندی‌شـده وارد مـدل شـد. درنهایـت، در گام چهـارم A4، وابسـتگی تاریخـی شـبکهٔ (Hl-Historical) بـا اسـتفاده از اثر ماتریـس دورهٔ قبل لحاظ شـد تا پایداری سـاختاری و تـداوم الگـوی ارتباطـی بررسـی شـود. در هر مرحلـه فرایند بـرآورد تا زمـان دسـتیابی بـه همگرایی معتبـر ادامه یافـت؛ به این معنـا که همگرایـی زمانی پذیرفتـه شـد کـه t-ratio < 0.1 اسـتقلال نمونه‌هـا بـا SACF < 0.4 (تابـع خودهمبسـتگی نمونـه) برقـرار باشـد (Wang et al., 2022). همچنیـن بـرازش مـدل بـا اسـتفاده از شبیه‌سـازی GOF و ارزیابی آماره‌هـای خارج از مدل بر اسـاس مـلاک t-ratio < 2 آزمـوده شـد. ایـن رویکـرد مرحلـه‌ای موجـب شـد کـه از بروز مشـکل واگرایـی جلوگیری شـود و بـرآورد ضرایب مـدل در قالب معنـاداری آماری قابـل تفسـیر باشـد. یافته‌های حاصـل از اجرای این مـدل چهارمرحلـه‌ای برای پنج دورهٔ ده‌ساله (۱۳۵۵–۱۳۹۵) در جدول ۴ ارائه می‌شود.

جدول ۴. نتایج مقایسهٔ اثرات ساختاری و نهادی و زمینه‌ای با مدل ERGM در سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵، (منبع: با استفاده از خروجی برنامهٔ شبیه‌ساز (MPNet (Wang et al., 2022

Year	Stage	Effect combination	Estimate (β)	Std. Error	t-ratio	Significanc (p)	Effect Direction & Interpretation
1355	A_1	Ed + ASA	/≈ -4.92 ≈ 1.035	0.363/ 0.122	-0.007 / -0.01	p < 0.01 ***	منفی و معنادار؛ شبکهٔ پراکنده با گرایش به هاب مرکزی
	A_2	A_1 + Pop	≈ +0.45	0.10	≈ 0.08	p < 0.05 **	مثبت و معنادار؛ مسیرها میان شهرهای پرجمعیت بیشتر
	A_3	A_1 + Cap/Pro	≈ +0.62	0.18	≈ 3.4	p < 0.05 **	مثبت و معنادار؛ مزیت مراکز سیاسی ـ اداری در اتصال شهرها
	A_4	A_1 + Hl	×	×	×	×	تفسیرناپذیر، نبود دادهٔ تاریخی
1365	A_1	Ed + ASA	≈ −3.95 / ≈ +0.98	0.31 / 0.11	−0.02 / −0.03	p < 0.01 ***	نسبت به ۱۳۵۵ اندکی کم‌تراکم‌تر، اما گرایش به هاب‌های مرکزی همچنان پایدار.
	A_2	A_1 + Pop	≈ +0.52	0.09	≈ 0.12	p < 0.05 **	مثبت و معنادار؛ نقش شهرهای بزرگ در جذب پروازها تقویت شده.
	A_3	A_1 + Cap/Pro	≈ +0.60	0.17	≈ 3.2	p < 0.05 **	مثبت و معنادار؛ مراکز سیاسی ـ اداری نسبت به شهرهای‌غیرمرکزی احتمال بیشتری در اتصال.
	A_4	A_1 + Hl	≈ +0.48	0.16	≈ 2.8	p < 0.05 **	مثبت و معنادار؛ بخشی از مسیرهای ۱۳۵۵ حفظ شده و اثر تاریخی شبکه قابل مشاهده.
1375	A_1	Ed + ASA	≈ −3.90 / ≈ +0.9	0.30 / 0.11	−0.02 / −0.03	p < 0.01 ***	شبکه همچنان کم‌تراکم، اما نسبت به ۱۳۶۵ پایدارتر؛ تمرکز بر هاب‌های مرکزی تداوم دارد.
	A_2	A_1 + Pop	≈ +0.58	0.11	≈ 0.14	p < 0.05 **	مثبت و معنادار: شهرهای پرجمعیت‌تر مسیرهای بیشتری جذب کرده‌اند.
	A_3	A_1 + Cap/Pro	≈ +0.58	0.15	≈ 0.19	p < 0.01 ***	نقش جمعیت پررنگ‌تر شده؛ شکاف بین شهرهای بزرگ و کوچک تقویت شده است.
	A_4	A_1 + Hl	≈+0.41	0.19	≈ 2.7	p < 0.05 **	مثبت و معنادار، وابستگی به مسیرهای گذشته همچنان مشهود است.
1385	A_1	Ed + ASA	≈ −3.50 / ≈ +1.1	0.28	−0.02 / −0.03	p < 0.01 ***	شبکه متراکم‌تر اما با الگوی ستاره‌ای پایدار؛ هاب‌های اصلی تقویت شده‌اند.
	A_2	A_1 + Pop	≈+0.65	0.08	≈ 0.10	p < 0.01 ***	ثبت و معنادار: کلان‌شهرهای پرجمعیت مراکز اصلی جذب پرواز هستند.
	A_3	A_1 + Cap/Pro	≈+0.63	0.11	≈ 2.9	p < 0.1 *	مثبت و معنادار: نقش نهادی ـ سیاسی (پایتخت و مراکز استان) پابرجاست.
	A_4	A_1 + Hl	≈+0.55	0.25	≈ 3.1	p < 0.01 ***	مثبت و معنادار، سیرهای دههٔ قبل حفظ شده و وابستگی تاریخی شبکه تقویت شده است.

Year	Stage	Effect combination	Estimate (β)	Std. Error	t-ratio	Significanc (p)	Effect Direction & Interpretation
1395	A_1	Ed + ASA	≈ -3.75 / ≈ +1.25	0.29 / 0.10	−0.02 / −0.01	p < 0.01 ***	شبکه بسیار متراکم‌تر؛ تمرکز در هاب ملی و تقویت هاب‌های منطقه‌ای.
	A_2	A_1 + Pop	≈ +0.65	0.12	≈ 0.14	p < 0.01 ***	مثبت و معنادار؛ جمعیت اثر قوی‌تری دارد؛ شهرهای بزرگ‌تر قطب اصلی پروازها هستند.
	A_3	A_1 + Cap/Pro	≈ 3.6	0.15	≈ 3.6	p < 0.1 *	مثبت و معنادار؛ پایتخت و مراکز استان‌ها همچنان مزیت نهادی مثبت دارند.
	A_4	A_1 + HI	≈ +0.40	0.14	≈ 2.9	p < 0.01 ***	اثر تاریخی مثبت؛ مسیرهای پایدار گذشته حفظ شده و استمرار ارتباطات مرکزی.

علامت * و تعداد آن سطح معناداری را در هر برآورد نشان می‌دهند. (*** p < 0.01; ** p < 0.05; * p < 0.1)
علامت × به معنای نبود داده جهت انجام برآورد مدل و یا واگرا شدن مدل است.

یافته‌های برآورد مدل EGRM در تحلیل اثرات درونی ساختاری، عوامل بیرونی و وابستگی زمینه‌ای تاریخی بر تکامل و پویایی شبکهٔ جریان هوایی داخلی ایران نشان می‌دهد در اثرات ساختاری شبکه تداوم ضریب منفی و معنادار عامل Edge در تمام دوره‌ها بیانگر آن است که احتمال شکل‌گیری مسیر جدید به طور کلی پایین است و شبکه به صورت پراکنده باقی مانده است. در مقابل ضریب مثبت برای شاخص ASA نشان می‌دهد فرایند تمرکز روابط حول تعداد محدودی هاب مرکزی ـ یعنی الگویی ستاره‌ای ـ به طور پیوسته تقویت شده است. این نتایج با الگوی تمرکز بر اقلیت شهرهای مرکزی هم‌خوانی دارد. طی زمان، تراکم شبکه افزایش یافته اما توزیع پیوندها همچنان به سمت هاب‌های اصلی متمایل است. در مورد عامل جایگاه نهادی ـ سیاسی شهرها (پایتخت و مراکز استانی) به طور معناداری احتمال ایجاد و حفظ مسیرهای پروازی را افزایش داده است. این مزیت نهادی پایدار مانده و در برخی دوره‌ها تقویت شده است. این یافته، بر اهمیت نزدیکی نهادی ـ سیاسی شهرها در شکل‌دهی به شبکه‌ها هم‌راستا است. در مورد اثر جمعیت در تمامی دوره‌ها ضریب مثبت و معنادار داشته و بیانگر این است که شهرهای پرجمعیت مسیرهای بیشتری جذب می‌کنند. در دهه‌های اخیر، این رابطه تقویت شده و کلان‌شهرها به هاب‌های پروازی تبدیل شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد عامل جمعیت نقش معناداری در شکل‌گیری هاب دارد. ورود متغیر وابستگی تاریخی نشان داد مسیرهای گذشته به طور معنادار بر تداوم ساختار شبکه اثر معنادار دارد. از سال ۱۳۶۵ به بعد، ضریب مثبت و معنادار این عامل، حاکی از آن است که شبکهٔ پروازها نه تنها متأثر از شرایط جمعیتی و نهادی است، بلکه به‌شدت الگوهای ساختاری قبلی شبکه وابستگی ایجاد کرده است. نتایج مدل چهارمرحله‌ای نشان می‌دهد شبکهٔ پروازهای داخلی ایران طی چهار دهه، از یک ساختار پراکنده به شبکه‌ای متراکم‌تر و در عین حال به‌شدت متمرکز بر هاب‌های اصلی تحول یافته است. اثرات ساختاری (گرایش به تمرکز)، اثرات نهادی ـ سیاسی (مزیت مراکز اداری) و اثرات زمینه‌ای (وابستگی تاریخی) همگی پایدار و معنادار بوده‌اند، در حالی که نقش جمعیت به عنوان نیروی محرک اصلی در جذب مسیرها به طور فزاینده تقویت شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد تکامل شبکه برآیند تعامل هم‌زمان نیروهای ساختاری، نهادی و زمینه‌ای است.

نتیجه‌گیری

در پاسخ به ضرورت‌های ناشی از تحولات بنیادین و الزامات کاربردی گذار نظری در مطالعات روابط بین‌شهری، این پژوهش با تکیه بر یک چارچوب مفهومی ـ عملیاتی شبکه‌مبنا طراحی و اجرا شد. در این پژوهش تلاش شد تا تمایز کارکردی میان «اتصال‌پذیری» و «قدرت کنترلی» روشن شود، و هم‌زمان با بازنمایی هسته‌های کانونی شبکه و الگوهای ساختاری کل شبکهٔ حمل‌ونقل هوایی، تصویری چندبعدی از پویایی‌ها و بازآرایی سازمان فضایی شبکهٔ شهری کشور در فضای جریان‌های هوایی ترسیم شود.

نتایج حاصل از تحلیل سنجش نقش و جایگاه شهری بر پایهٔ تمایز مرکزیت/قدرت بازگشتی و سطح‌بندی چهاربخشی، الگوی روشنی از پویایی‌های کانون‌های اصلی شبکهٔ جریان هوایی کشور را پدیدار کرد: طی پنج دههٔ گذشته، مرکزیت شبکه از تمرکز مطلق فاصله گرفته و در چند هاب توزیع شده است، در حالی که این پراکنش مرکزیت به انتقال قدرت کنترلی منجر نشده است. یافته‌های به‌روشنی نشان می‌دهند هاب‌های شبکه نظیر مشهد، شیراز، اصفهان یا کیش اگرچه از رهگذر پیوند با مراکز پرترافیک مقدار مرکزیت بازگشتی خود را افزایش داده‌اند و از ظرفیت انتشار/گردش جریانی در شبکه بهره برده‌اند، اما تا زمانی که پیوندهای آن‌ها به گره‌ها کم‌بدیل و وابسته گسترش نیابد، جهش متناظری در قدرت بازگشتی آن‌ها رخ نمی‌دهد. به این‌ترتیب، استمرار تک‌هسته‌ای بودن قدرت در کنار چندمرکزی نسبی بعد مرکزیت شبکهٔ جریان هوایی نه یک ناسازگاری، بلکه پیامد مستقیم دو فرایند متمایز بازتولید مرکزیت و بازتولید قدرت در شبکه است. از طرف دیگر، نتایج نشان می‌دهد جایگاه کانون‌های شبکهٔ شهری تنها تابع پیوندهای خودش نیست، بلکه به کیفیت و پیوندهای شهرهای مجاور و ریخت کلی شبکه نیز وابسته است؛ از همین‌رو، تغییر رتبه و نفوذ شهری در شبکهٔ شهری کشور مسیرمند و شبکه‌محور است. این دوگانگی مشاهده‌شده در شبکهٔ جریان هوایی کشور ـ پراکنش اتصال بدون انتقال قدرت ـ را تبیین می‌کند که چرا تقویت هاب‌های ثانویه، بدون مهندسی پیوندهای میانجی‌گر، به‌تنهایی به جابه‌جایی هستهٔ مرکزی قدرت نینجامیده است. در عین حال، فقدان شهرهای دروازه‌ای به منزلهٔ کمبود میانجی‌های ساختاری میان خوشه‌های منطقه‌ای، وابستگی شبکه را به هاب ملی تشدید و تاب‌آوری سیستمی را تضعیف کرده است.

در مقیاس کلان شبکه، سنجه‌های ساختاری نشان می‌دهد شبکهٔ جریان هوایی ایران در گذر از ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۵ از یک ریخت هسته ـ پیرامون کم خوشه به الگوی تلفیقی جهان کوچک/مقیاس‌آزاد تحول یافته است: کاهش محسوس طول مسیر متوسط و افزایش ضریب خوشه‌بندی مؤید تقویت کارایی ارتباطی و پیوندهای جانبی است، و در کنار آن دنبالهٔ سنگین توزیع درجه و تمرکز پیوندها بر معدودی هاب، سلسله‌مراتب هاب‌محور را تثبیت می‌کند. این هم‌نشینی به‌خوبی با یافته‌های بخش نخست در مورد آرایش کانون‌های شبکه سازگار است؛ پراکنش مرکزیت در چند هاب پرترافیک با تداوم تمرکز قدرت کنترلی در هستهٔ ملی هم‌زمان رخ داده و منطق عملکردی شبکه را به صورت هم‌تکاملی «اتصال‌پذیری بالا ـ نفوذ متمرکز» صورت‌بندی می‌کند. به بیان دیگر، بلوغ شبکه به سمت جهان کوچک (مسیرهای کوتاه/خوشه‌مندی بالا) بدون تلاشی هم‌ارز در پیوندهای میانجی‌گر، مزیت ساختاری هسته را پایدار نگه داشته است.

در سطح تحلیل برآوردهای مدل ERGM، نتایج نشان می‌دهد پویایی‌های کانون‌های مرکزیت/قدرت و دگرگونی‌های ساختاری شبکه و هم‌تکاملی آن‌ها، حاصل اثرگذاری معنادار سه دسته سازوکار است: ۱- اثرات درونی شبکه

(Edge منفی و ASA مثبت) که با گزینش‌گری اتصالات و تمرکز بر پیوندها پیرامون معدودی هاب، هم‌زمان پراکنش مرکزیت و پایداری قدرت متمرکز را رقم می‌زنند؛ ۲- عوامل بیرونی منتخب (جمعیت و مزیت نهادی پایتخت/مرکزاستانی) که با اثر مثبت پایدار، احتمال ایجاد و ماندگاری مسیرها و فرایند هاب‌سازی را تقویت می‌کنند؛ ۳- وابستگی تاریخی شبکه که با اثر مثبت غالب (و در مقاطعی با نشانه‌های تضعیف مقطعی)، اینرسی مسیرها را توضیح می‌دهد و تداوم ریخت تلفیقی جهان کوچک/مقیاس آزاد شبکهٔ جریان هوایی کشور را پشتیبانی می‌کند.

بر اساس یافته‌های این پژوهش و به منظور غلبه بر چالش‌های تاریخی نظام شهری ایران و گذار از تمرکز قدرت در شبکهٔ جریان هوایی، سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های پیشِ رو باید بر کاهش تمرکز ساختاری از مسیرِ تقویت پیوندهای افقیِ بین‌منطقه‌ای و توانمندسازی هاب‌های ثانویه/دروازه‌ایِ استوار شود. افزون بر این، طراحی مداخلات ناگزیر است قیود نهادی (مزیت پایتخت و مراکز استانی و قواعد تخصیص ظرفیت)، الگوهای جمعیتی و تقاضا سفر (جذب‌پذیری کلان‌شهرها)، و به‌ویژه وابستگی تاریخی شبکه (اینرسی مسیرها و تداوم پیوندهای گذشته) را به طور صریح در نظر گیرد؛ در غیر این‌صورت، اثربخشی سیاست‌ها محدود شده و به نتایج پایدار و متوازن منتهی نخواهد شد. بنابراین، طراحی پیوندهای میانجیِ کم‌بدیل میان خوشه‌ها، تخصیص هدفمند ظرفیت شبکهٔ پروازی، و تنوع‌بخشی هاب‌ها و مسیرهای جایگزین باید هم‌زمان با اصلاحات نهادی و مشوق‌های مبتنی بر شاخص‌های جمعیتی ـ تقاضامند و در چارچوب نقشه‌راهی همسو با حافظهٔ تاریخی شبکه اجرا شود؛ تنها در این صورت است که پراکنش مرکزیت به بازتوزیع قدرت کنترلی و ارتقای کارایی و تاب‌آوری فضایی شبکه منتهی خواهد شد.

مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از رسالهٔ دکتری نویسندهٔ اول، با راهنمایی نویسندهٔ دوم (نویسندهٔ مسئول) و مشاورهٔ نویسندهٔ سوم، نگارش شده است. درصد مشارکت نویسندهٔ اول ۶۰ درصد؛ نویسندهٔ دوم (نویسندهٔ مسئول) ۳۵ درصد؛ نویسندهٔ سوم ۵ درصد است.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر دارای هیچ‌گونه حمایت مالی نبوده و حاصل فعالیت علمی و مستقل نویسندگان است.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

منابع

Abujder Ochoa, W. A., Iarozinski Neto, A., Vitorio Junior, P. C., Calabokis, O. P., & Ballesteros-Ballesteros, V. (2025). The theory of complexity and sustainable urban development: A systematic literature review. *Sustainability*, 17(1), 3. https://doi.org/10.3390/su17010003

Alderson, A. S., & Beckfield, J. (2004). Power and position in the world city system. *American Journal of Sociology*, 109(4), 811–851. https://doi.org/10.1086/378930

Allen, J. (2010). Powerful city networks: More than connections, less than domination and control. *Urban Studies*, 47(13), 2895–2911. https://doi.org/10.1177/0042098010377364

Allen, J. (2016). Topologies of power: Beyond territory and networks. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203101926

Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2021). Gephi [Computer software]: An open source software for exploring and manipulating networks. Gephi Consortium. Retrieved from https://gephi.org

Boyd, J. P., Mahutga, M. C., & Smith, D. A. (2013). Measuring Centrality and Power Recursively in the World City Network: A Reply to Neal. *Urban Studies*, 50(8), 1641–1647. https://doi.org/10.1177/0042098012466599

Dadashpoor, H., Afaghpoor, A., & Allan, A. (2015). A methodology to assess the spatial configuration of urban systems in Iran from an interaction perspective. *GeoJournal*, 82(1), 109–129. https://doi.org/10.1007/s10708-015-9671-1

Dadashpoor, H., & Afaghpoor, A. (2016). The epistemological and theoretical rationality dominating the spatial organization of urban systems. *Interdisciplinary Studies in the Humanities*, 8(2), 1–28. https://doi.org/10.22035/isih.2016.214 *[In Persian]*

Dadashpoor, H., Mamdoohi, A. R., & Afaghpoor, A. (2014). Analysis of Spatial Organization in Urban Networks Based on People's Air Flows: Empirical Evidence from Iran. *Human Geography Research*, 46(1), 125–150. https://journals.ut.ac.ir/article_50597.html *[In Persian]*

Derudder, B., & Taylor, P. J. (2018). Central flow theory: comparative connectivities in the world-city network. *Regional Studies*, 52(8), 1029–1040. https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1330538

Ducruet, C., & Beauguitte, L. (2014). Spatial science and network science: Review and outcomes of a complex relationship. *Networks and Spatial Economics*, 14(3–4), 297–316. https://doi.org/10.1007/s11067-013-9222-6

Ducruet, C., Cuyala, S., & El Hosni, A. (2018). Maritime networks as systems of cities: The long-term interdependencies between global shipping flows and urban development (1890–2010). *Journal of Transport Geography*, 66, 340–355. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.019

Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7

Iran Civil Aviation Organization (CAO.IR). (2021). Statistical yearbooks of air transport of Iran (1976–2021). Tehran, Iran: Ministry of Roads and Urban Development. https://caa.gov.ir/air-transport-annual-report *[In Persian]*

Irwin, M. D., & Hughes, H. L. (1992). Centrality and the structure of urban interaction: Measures, concepts, and applications. *Social Forces*, 71(1), 17–51. https://doi.org/10.1093/sf/71.1.17

Lusher, D., Koskinen, J., & Robins, G. (2013). Exponential random graph models for social networks: Theory, methods, and applications. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511894701

Meijers, E. (2007). From central place to network model: Theory and evidence of a paradigm change. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 98(2), 245–259. https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2007.00394.x

Neal, Z. (2011). From central places to network bases: A transition in the U.S. urban hierarchy, 1900–2000. City and Community. https://doi.org/10.1111/j.1540-6040.2010.01340.x

Neal, Z. (2014). The devil is in the details: Differences in air traffic networks by scale, species, and season. *Social Networks*, 38, 63–73. https://doi.org/10.1016/j.socnet.2014.03.003

Newman, M. E. J. (2010). Networks: An introduction. Oxford University Press.

Peris, A., Meijers, E., & van Ham, M. (2018). The evolution of the systems of cities literature since 1995: Schools of thought and their interaction. *Networks and Spatial Economics*, 18(3), 533–554. https://doi.org/10.1007/s11067-018-9410-5

Pflieger, G., & Rozenblat, C. (2010). Introduction: Urban networks and network theory: The city as the connector of multiple networks. *Urban Studies*, 47(13), 2723–2735. https://doi.org/10.1177/0042098010377368

Soleimani, M., Nazarian, A., & Yazdani, M. H. (2011). Iran's network cities, with an emphasis on the spatial interpretation of money orders. *Urban and Regional Studies and Research*, 7, 1–30. Retrieved from https://www.sid.ir/paper/153020/fa *[In Persian]*

Taylor, P. J., Hoyler, M., & Verbruggen, R. (2010). External urban relational process: Introducing central flow theory to complement central place theory. *Urban Studies*, 47(13), 2803–2818. https://doi.org/10.1177/0042098010377367

Taylor, P. J., Walker, D. R. F., Catalano, G., & Hoyler, M. (2002). Diversity and power in the world city network. *Cities*, 19(4), 231–241. https://doi.org/10.1016/S0264-2751(02)00020-3

Wang, B., Liu, C., Sun, S., Piao, J., & Mao, W. (2025). Unveiling the dynamics and determinants of world city network: Insights from global airline data. *Cities*, 157, 105613. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105613

Wang, J., Mo, H., & Wang, F. (2014). Evolution of air transport network of China 1930–2012. *Journal of Transport Geography*, 40, 145–158. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.02.002

Wang, P., Stivala, A., Robins, G., Pattison, P., Koskinen, J., & Lomi, A. (2022). MPNet: Program for the simulation and estimation of (p) exponential random graph models for multilevel networks: User manual [Computer software manual]. Swinburne University of Technology; Università della Svizzera italiana; The University of Melbourne; The University of Sydney.

Zhang, F., Ning, Y., & Lou, X. (2021). The evolutionary mechanism of China's urban network from 1997 to 2015: An analysis of air passenger flows. *Cities*, 103005. https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103005

Ziari, K., Pourahmad, A., Hataminejad, H., & Ahmadpour, M. (2021). Analyzing power and position of the cities in Iran's urban network based on land transportation. *Regional Planning Quarterly*, 11(42), 34–50. *[In Persian]*