The Journal of Geographical Research on Desert Areas
Vol 13, Issue 2, Fall and Winter 2025, pp :99-121
Home page: http://grd.yazd.ac.ir/
P-ISSN: 2345-332X E-ISSN: 2588-7009

Original Research Article

# Spatial Patterns and Relationships of Industrial Poultry Farming in Razavi Khorasan Province

Hamed Mazinani[1], Mohammad Reza Akbari [2], Mehrangiz Rezaee[3], Siamak Tahmasbi[4]

[1] Ph.D. student in Poultry Nutrition, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

[2] Animal Science Department, Faculty of Agriculture, University of Birjand.Birjand, Iran

[3] Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.

[4] Ph.D. student in Geography and Rural Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

10.22034/grd.2026.24271.1686

Received:
28 January 2026
Accepted:
01 June 2026

Keywords:
Food security; Industrial poultry farming; Spatial Hurdle Model; Pole-axis Structure; Razavi Khorasan Province

## Abstract

Understanding the spatial distribution patterns and spatial relationships of industrial poultry farms—recognized as a key pillar of animal protein supply and food security—is essential for spatial planning and the sustainable management of this sector. This study aims to analyze the spatial pattern of industrial poultry farm locations in Razavi Khorasan Province and to explain the role of environmental, infrastructural, and demographic factors shaping this pattern. The dataset includes the complete inventory of industrial poultry farms in 2024 along with a set of natural, infrastructural, and population-related variables. To examine spatial patterns, the nearest neighbor index, kernel density estimation, and the standard deviation ellipse were applied. Spearman's correlation coefficient and the spatial Hurdle model were used to assess the relationships among variables and to identify the determinants of establishment and intensity of activity. The results show that the spatial distribution of poultry farms is highly clustered and statistically significant (ANN = 0.316, $p < 0.0001$), with major concentrations aligned along transportation corridors and around population centers. Kernel density surfaces and the standard deviation ellipse confirm a polarized and directional spatial structure. Spearman's correlation analysis indicates that poultry farm density is positively associated with population density and negatively associated with distance from roads, cities, and feed factories, as well as with temperature and slope. The spatial Hurdle model reveals that population density exerts the strongest positive effect on establishment (46.73), while distance from feed factories (–1.41), temperature (–1.20), and distance from cities (–1.13) impose the most significant negative effects. In the intensity stage, distance from roads (–1.40), distance from feed factories (–1.02), and temperature (–0.79) show the strongest negative influences.

E-ISSN: 2588-7009 /© 2023. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

* **Corresponding author:** Hamed Mazinani **Email:** *h.mazinani@areeo.ac.ir*

**Address:** University of Birjand, Birjand, Iran

# Extended Abstract

## 1. Introduction

Rapid population growth and increasing demand for animal protein have made food security one of the major strategic challenges of the twenty-first century. Among livestock activities, industrial poultry farming is considered one of the most efficient and scalable sources of animal protein because of its relatively low production costs, short production cycle, and high capacity for supplying white meat. In Iran, the poultry industry plays an essential role in employment generation and stabilization of the national food system. Razavi Khorasan Province is one of the most important poultry-producing regions because of its large population, strategic location, and extensive production capacity. Nevertheless, the spatial distribution of poultry farms across the province is uneven. Some areas contain strong concentrations of poultry activities, whereas other areas remain weakly developed or excluded from the production network. In the absence of effective spatial planning, such inequalities may increase environmental pressure, intensify spatial imbalances, and reduce long-term sustainability. Therefore, the main objective of this study is to analyze the spatial pattern of industrial poultry farm distribution in Razavi Khorasan Province and identify the environmental, demographic, and infrastructural factors shaping this pattern. The theoretical framework is grounded in New Economic Geography, which emphasizes the role of agglomeration economies, transportation accessibility, and environmental constraints in shaping the spatial organization of productive activities.

## 2. Research Methodology

This study was conducted using a descriptive-analytical approach based on quantitative methods and spatial analysis techniques. The data included the geographic locations of 1,935 industrial poultry farms in Razavi Khorasan Province, together with climatic, topographic, demographic, and infrastructural variables. Spatial information related to poultry farms, slaughterhouses, and feed factories was obtained from the Razavi Khorasan Agricultural Jihad Organization and converted into spatial layers through geocoding in a GIS environment. Climatic variables, including long-term mean temperature and precipitation for the 2000–2024 period, were extracted from the Terr Climate database, while elevation data were derived from the Copernicus Digital Elevation Model. Population and road network data were obtained from the Statistical Center of Iran and the Ministry of Roads and Urban Development and processed in ArcGIS after coordinate system standardization. The study area was divided into 5×5 km grid cells, and all variables were aggregated at the grid level. In the first stage, the spatial pattern of poultry farm distribution was examined using the Average Nearest Neighbor index, Kernel Density Estimation, and the Standard Deviational Ellipse. Subsequently, the relationships between poultry farm density and natural and human-related variables were investigated using Spearman's rank correlation coefficient and hierarchical clustering analysis. Because many grid cells contained zero values and the dependent variable exhibited strong positive skewness, a spatial hurdle model was employed. In this framework, the processes of poultry farm establishment versus non-establishment and the intensity of poultry farm density were modeled separately. The first stage was estimated using a logistic regression model, while the second stage was implemented through a log-normal regression model. To control residual spatial autocorrelation, Moran Eigenvector Spatial Filtering was applied by incorporating spatial eigenvectors into the regression framework.

## 3. Results and discussion

The results of the Average Nearest Neighbor index indicated that the spatial distribution of industrial poultry farms in Razavi Khorasan Province is clustered and statistically significant (ANN = 0.189, $p < 0.001$). The main concentrations of poultry farming activities are located along the Mashhad–Quchan, Zabar Khan–Firouzeh, Kashmar–Khalilabad, and Torbat-e Heydarieh–Zaveh corridors. Kernel Density Estimation and the Standard Deviational Ellipse confirmed the existence of a directional pole-axis spatial structure in which areal, linear, and hybrid production poles have developed near transportation corridors and population centers. Spearman's correlation analysis showed that poultry farm density has the strongest positive correlation with population density, whereas distance from roads, distance from cities, and distance from feed factories have significant negative correlations with poultry farm density. Temperature, precipitation, and slope also showed negative relationships with poultry farm density, indicating the constraining role of environmental conditions. The results of the spatial hurdle model demonstrated that, in the first stage related to poultry farm establishment and non-establishment, population density exerted the strongest positive effect, whereas distance from cities, distance from roads, distance from feed factories, temperature, precipitation, and slope all had significant negative effects. The coefficients for distance from feed factories (-1.41), temperature (-1.20), and distance from cities (-1.13) represented the strongest negative effects on establishment probability. These findings indicate that poultry farms are more likely to become established in areas with better access to transportation infrastructure, feed supply centers, and consumer markets. In the second stage, which examined the intensity of poultry farm density, distance from roads (-1.40), distance from feed factories (-1.02), and temperature (-0.79) showed the strongest negative effects. Environmental variables such as precipitation and slope also had significant negative effects, suggesting that environmental constraints influence both the initial establishment and the subsequent intensity of poultry farming activities.

## 4. Conclusion

The findings demonstrate that the spatial heterogeneity of industrial poultry farm distribution in Razavi Khorasan Province results from the simultaneous interaction of infrastructural, demographic, and environmental factors and that the spatial organization of this activity follows a clustered and pole-axis pattern. The concentration of poultry farming activities along transportation corridors and around population centers highlights the central role of market accessibility and feed supply chains in shaping the poultry industry. Conversely, environmental constraints such as temperature, precipitation, and slope limit the expansion of poultry farming activities. The results of the spatial hurdle model further revealed that the determinants of poultry farm establishment are not necessarily identical to the determinants of concentration intensity. Although population density increases the probability of establishment, its effect becomes negative in the intensity stage, probably because of higher land prices, urban land-use pressures, and sanitary restrictions in densely populated areas. Overall, the findings emphasize the need to move beyond uniform policies toward intelligent spatial regulation in which poultry development is managed according to environmental capacity, infrastructural accessibility, sanitary considerations, and spatial sustainability. Furthermore, the integration of spatial econometric methods with GIS-based analyses provided a more comprehensive understanding of the mechanisms shaping the spatial patterns of productive activities across regions.

کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال سیزدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۴، صفحات۱۲۱- ۹۹
Home page: http://grd.yazd.ac.ir/
P-ISSN: 2345-332X E-ISSN: 2588-7009

مقاله پژوهشی

# تحلیل الگوها و روابط فضایی استقرار مرغداری‌های صنعتی در استان خراسان رضوی

حامد مزینانی [۱*]، محمدرضا اکبری [۲]، مهرانگیز رضایی [۳] ، سیامک طهماسبی [۴]

[۱] دانشجوی دکتری علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[۲] دانشیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
[۳] استادیار،گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران
[۴]دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

10.22034/grd.2026.24271.1686

تاریخ دریافت:
۰۸ بهمن ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش:
۱۱ خرداد ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:
امنیت غذایی، مرغداری صنعتی، مدل هاردل فضایی، ساختار قطب- محور، خراسان رضوی.

## چکیده

شناخت الگوی استقرار و روابط فضایی واحدهای مرغداری صنعتی، به‌عنوان یکی از ارکان اصلی تأمین پروتئین حیوانی و امنیت غذایی، برای برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت پایدار این صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف این پژوهش، تحلیل الگوی فضایی استقرار مرغداری‌های صنعتی در استان خراسان رضوی و تبیین نقش عوامل موثر در شکل‌گیری این الگو است. داده‌های پژوهش شامل واحد مرغداری صنعتی در سال ۱۴۰۳ و مجموعه‌ای از متغیرهای طبیعی، زیرساختی و جمعیتی است. برای تحلیل الگوی فضایی از شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه، تراکم کرنل و بیضی انحراف استاندارد و برای بررسی روابط میان متغیرها از ضریب همبستگی اسپیرمن و مدل هاردل فضایی استفاده شده است. نتایج نشان داده¬اند که الگوی استقرار مرغداری‌ها به‌شدت خوشه‌ای و معنادار بوده است (ANN=0.316, p<0.0001) و تمرکز اصلی فعالیت‌ها در امتداد محورهای ارتباطی و پیرامون مراکز جمعیتی شکل‌گرفته است. تحلیل تراکم کرنل و بیضی انحراف استاندارد نیز وجود ساختار فضایی قطب-محور و جهت‌دار را تأیید کرده¬اند. نتایج همبستگی اسپیرمن نشان داده¬اند که تراکم مرغداری‌ها با تراکم جمعیت همبستگی مثبت و با فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از کارخانه‌های خوراک دام، دما و شیب همبستگی منفی داشته است. نتایج مدل هاردل فضایی نشان داده¬اند که در مرحله استقرار مرغداری‌ها، تراکم جمعیت قوی‌ترین اثر مثبت را دارد (٤٦/٧٣)، درحالی‌که فاصله از کارخانه‌های خوراک دام(١/٤١-)، دما (١/٢٠-) و فاصله از شهر (١/١٣-) مهم‌ترین اثرات منفی را بر احتمال استقرار دارند. در مرحله شدت تراکم فعالیت نیز فاصله از جاده (١/٤٠-)، فاصله از کارخانه‌های خوراک دام (١/٠٢-) و دما (٠/٧٩) بیشترین اثر منفی و معنادار را نشان دادند.

E-ISSN: 2588-7009 /© 2023. Published by Yazd University. This is an open access article under the CC BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*** نویسنده مسئول:** حامد مزینانی
**آدرس:** دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
**Email:** *H.mazinani@areeo.ac.ir*

## ۱ مقدمه

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی به حدود ۹.۸ میلیارد نفر خواهدرسید (کلین[1] و همکاران، ۲۰۲۱)، این روند تقاضا برای محصولات پروتئینی را افزایش خواهد داد که اهمیت امنیت غذایی را بیش از پیش در سطح جهانی و ملی برجسته می‌کند. صنعت مرغداری نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و تغذیه انسانی دارد. این صنعت منبعی مهم از انرژی، پروتئین و ریزمغذی‌های ضروری برای انسان‌ها به شمار می‌رود (نجیب و خالد[2]، ۲۰۲۴). در این شرایط، گوشت مرغ به‌عنوان منبعی مقرون‌به‌صرفه، در دسترس، با چربی پایین و بدون محدودیت مذهبی، یکی از مهم‌ترین منابع پروتئین حیوانی به ویژه برای اقشار کم‌درآمد است. امروزه گوشت مرغ حدود ۹۰ درصد از تولید جهانی گوشت ماکیان را تشکیل می‌دهد و مصرف آن از سایر منابع پروتئین حیوانی پیشی گرفته است. صنعت مرغداری یکی از سریع‌ترین زیربخش‌های در حال رشد کشاورزی، به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه است که با نرخ تقریبی ۵ درصد در سال در حال گسترش است تا پاسخگوی افزایش تقاضای جهانی باشد (اقبال[3] و همکاران، ۲۰۱۹) و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تقاضای جهانی برای گوشت مرغ و تخم‌مرغ به ترتیب ۱۲۱ درصد و ۶۵ درصد افزایش یابد (اردو و بینه[4]، ۲۰۲۲). این رشد به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه چشمگیر است، جایی که پرورش طیور نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی، کاهش فقر و ایجاد درآمد ایفا می‌کند (موتت و تمپیو[5]، ۲۰۱۷؛ اردو و بینه، ۲۰۲۲).

در ایران نیز صنعت طیور یکی از بخش‌های اصلی در تأمین پروتئین حیوانی و اشتغال محسوب می‌شود. این صنعت سهم مهمی در امنیت غذایی ملی دارد و به‌عنوان یکی از پیشرفته‌ترین و سازمان‌یافته‌ترین شاخه‌های در حال گسترش کشاورزی شناخته می‌شود (اسدی[6] و همکاران، ۲۰۲۴؛ شریفی[7] و همکاران، ۲۰۲۴). به‌ویژه در استان‌هایی مانند خراسان رضوی، که جمعیت بالا، فعالیت‌های کشاورزی گسترده و ظرفیت بالای بازار مصرف دارند، مرغداری‌ها نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی و پشتیبانی از اقتصاد محلی و منطقه¬ای ایفا می‌کنند. از تعداد کل ظرفیت طیور صنعتی استان(۴۸ میلیون قطعه) تعداد ۳۶ میلیون قطعه دارای پروانه طیور گوشتی صنعتی، ۱۲ میلیون قطعه دارای پروانه طیور تخم‌گذار صنعتی و مابقی ظرفیت متعلق به پروانه‌های مرغ مادر گوشتی و تخم‌گذار(۵ میلیون پولت) و سایر ماکیان می¬باشد. مجموع واحد دامی شامل مرغ تخم‌گذار و گوشتی و سایر در استان خراسان رضوی در سال۱۴۰۳ معادل ۵۳ میلیون بوده است. مجموع تولیدات دام و طیور استان در سال۱۴۰۳ مقدار ۱۵۴۵ هزار تن بوده است که از این مقدار بیشترین سهم متعلق به تولیدات دام سبک و سنگین است و پس از آن تولیدات طیور با ۳۲۷ هزار تن در رتبه دوم تولیدات (با حدود ۲۱ درصد) بوده است. استان خراسان رضوی با برخورداری از ظرفیت فعال بیش از ۳۲ میلیون قطعه جوجه در هر دوره تولید، و وجود ۱۶۱۴ واحد مرغداری به همراه ۱۴ زنجیره و شبکه‌زنجیره تولید گوشت مرغ، در حال حاضر جایگاه چهارم تولید گوشت مرغ کشور را دارد. این ظرفیت نشان‌دهنده توان بالای استان در تأمین امنیت غذایی و نقش‌آفرینی در بازار ملی گوشت مرغ است(مدیریت امور طیور سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی،۱۴۰۴).

با وجود اهمیت بالای این صنعت، شواهد نشان می‌دهد که الگوی استقرار فضایی واحدهای مرغداری صنعتی در استان خراسان‌رضوی یکنواخت نیست؛ برخی شهرستان‌ها دارای تمرکز بالای واحدهای مرغداری هستند، درحالی‌که برخی دیگر با وجود ظرفیت‌های محیط طبیعی و اقتصادی، از توسعه‌ی این فعالیت‌ها بی‌بهره مانده‌اند. این ناهمگنی فضایی ممکن است ناشی از تفاوت در عوامل محیط طبیعی (اقلیم، منابع آب، توپوگرافی و کاربری اراضی)، عوامل اقتصادی (قیمت زمین، دسترسی به بازار و زیرساخت‌های حمل‌ونقل)، و همچنین سیاست‌های حمایتی یا محدودکننده باشد. در مطالعه فعالیت‌های اقتصادی مانند صنعت مرغداری، ناهمگنی فضایی می‌تواند ناشی از ترکیب و تعامل پیچیده عوامل طبیعی، اجتماعی و اقتصادی باشد که در مکان‌های مختلف اثرات متفاوتی ایجاد می‌کنند.

[1] -Kleyn
[2] -Najib & Khalid
[3] -Iqbal
[4] -Erdaw & Beyene
[5] -Mottet & Tempio
[6] -Asaadi
[7] -Sharifi

مرور منابع نشان می‌دهد که مزارع پرورش طیور معمولاً در مناطق پست و هموار مستقر می‌شوند، زیرا این نواحی از تراکم بالاتر جمعیت انسانی و قابلیت دسترسی بهتر برخوردارند. به‌عنوان‌مثال، در ایالت دلتا نیجریه، مزارع واقع در نواحی پست سهم بیشتری از تولید گوشت مرغ را نسبت به مزارع نواحی مرتفع به خود اختصاص داده‌اند (اومودله[1] و همکاران، ۲۰۱۴). وجود دشت‌های سیلابی، منابع آبی و دیگر عوارض طبیعی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر مکان‌یابی مزارع داشته باشد (وان بوکل[2] و همکاران، ۲۰۱۴). مناطق با تراکم جمعیت بالا معمولاً تعداد بیشتری مزارع طیور دارند، زیرا تقاضا برای محصولات طیور افزایش می‌یابد. این موضوع در تایلند و ایالت دلتا نیجریه نیز مشهود است، جایی که تراکم جمعیت انسانی یک عامل تعیین‌کننده مهم در توزیع مزارع محسوب می‌شود. نزدیکی به مراکز عمده مصرف و صادرات، یک عامل حیاتی برای پرورش متمرکز طیور است. به‌طور مشابه، تراکم شبکه‌های جاده‌ای تأثیر قابل‌توجهی بر تولید طیور دارد، به‌طوری‌که تولید در مناطقی که دسترسی جاده‌ای بهتری دارند، بالاتر است. دسترسی به زمین‌های کشاورزی و نوع کاربری اراضی کشاورزی نقش مهمی در محل قرارگیری مزارع طیور دارد (اومودله و همکاران، ۲۰۱۴؛ وان بوکل و همکاران، ۲۰۱۴). برخی مناطق بر اساس سیاست‌های کاربری زمین به عنوان مناسب یا نامناسب برای پرورش دام و طیور تعیین می‌شوند. برای مثال، در منطقه شانگجی چین، بخش‌هایی به دلیل ملاحظات زیست‌محیطی به عنوان مناطق ممنوع یا نامناسب برای پرورش طیور مشخص شده‌اند (یان[3] و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، سیاست‌هایی که با هدف کاهش آلودگی ناشی از دامداری اجرا می‌شوند، می‌توانند بر مکان‌یابی مزارع تأثیر بگذارند (گن و هو[4]، ۲۰۱۶). خطر شیوع بیماری‌هایی مانند آنفلوانزای پرندگان نیز می‌تواند بر پراکندگی مزارع تأثیرگذار باشد (گیرک و اشمیتانکا[5]، ۲۰۲۱).

تاکنون مطالعات اندکی به تحلیل فضایی این موضوع پرداخته‌اند و اغلب پژوهش‌ها بر جنبه‌های فنی، تولیدی یا اقتصادی متمرکز بوده‌اند. بسیاری از مطالعات در ایران که به بررسی صنعت مرغداری می‌پردازند، اغلب ابعاد، الگوی استقرار و روابط فضایی را در نظر نمی‌گیرند. از آنجا که مرغداری‌های صنعتی زیرساخت اصلی تولید گوشت سفید کشور را پشتیبانی کرده و موقعیت مکانی آن‌ها در استان جریان تولید، توزیع و خدمات پشتیبان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بررسی توزیع فضایی موجب تسهیل درک ساختار تولید و سازمان فضایی استان نیز می‌شود. ازاین‌رو، پژوهش حاضر با هدف کشف الگوهای فضایی مرغداری‌های صنعتی و روابط فضایی آن‌ها با عوامل طبیعی و انسانی در استان خراسان‌رضوی با رویکرد فضایی و با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل فضایی انجام می‌شود تا با شناسایی الگوها و روابط فضایی، چشم‌انداز دقیق‌تری از وضعیت موجود ارائه گردد.

## ۲ مبانی نظری

چارچوب نظری این پژوهش بر پایه اصول «جغرافیای اقتصادی نو (NEG)» استوار است. این عنوان برای اولین بار توسط کروگمن[6] (۱۹۹۱) مطرح شد و پس از آن به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفت. هد و مایر[7] (۲۰۰۴) اشاره می‌کنند که برچسب «جغرافیای اقتصادی نو» کمی گمراه‌کننده است. این نام نوآوری را نشان می‌دهد در حالی که بسیاری از مفاهیم آن پیش‌تر شناخته‌شده بودند و خود نام، محتوای دقیق نظریه را مشخص نمی‌کند. با این حال، طبق استفاده رایج، «جغرافیای اقتصادی نو» به نظریه‌هایی اطلاق می‌شود که رویکرد کروگمن (۱۹۹۱) و مقاله او در مجله اقتصاد سیاسی را دنبال می‌کنند و اهمیت این آثار در ادبیات اقتصادی بسیار زیاد است. هد و مایر (۲۰۰۴) همچنین به نقل از اوتاویانو و تیسه[8] (۲۰۰۴) می‌گویند که بسیاری از اجزای NEG پیش‌تر توسعه یافته بودند و سهم اصلی NEG در ترکیب این اجزا به شکل یک «دستور کار جدید» است. از این رو می‌توان گفت که جغرافیای اقتصادی نو شامل اندیشه‌های کلاسیک درباره اقتصاد فضایی، مانند اقتصاد شهری، علم منطقه‌ای و نظریه مکان‌یابی اقتصادی است؛ که مفاهیمی مانند منطقه، موقعیت و فاصله را وارد اقتصاد می‌کند و با استفاده از بازدهی فزاینده به مقیاس، صرفه‌های خارجی، رقابت ناقص و انباشت فضایی، مزیت‌های رقابتی توسعه اقتصادی ملی و منطقه‌ای را توضیح داده و آن‌ها را با مدل‌های ریاضی بیان می‌کند (فنگرو و گویتانگ[9]، ۲۰۱۹). بنابراین، NEG تلاش دارد الگوهای تمرکز فضایی فعالیت‌های اقتصادی، خوشه‌بندی و پویایی‌های منطقه‌ای را توضیح دهد. این الگوها تحت تأثیر عواملی مانند هزینه‌های حمل‌ونقل، صرفه‌های انباشت و مزایای ناشی از تمرکز فضایی شکل می‌گیرند (دوآن[10] و همکاران، ۲۰۱۰). در ادامه برخی از اصول NEG که در پژوهش بررسی خواهد شد به‌صورت خلاصه شرح داده می‌شود.

[1] -Omodele
[2] -Van Boeckel
[3] -Yan
[4] -Gan & Hu
[5] -Gierak & Śmietanka
[6] -Krugman
[7] -Head & Mayer
[8] -Ottaviano & Thisse
[9] -Fengru & Guitang
[10] -Duan

### الف. صرفه‌های انباشت و بازدهی فزاینده به مقیاس

صرفه‌های ا صرفه‌های انباشت و بازدهی فزاینده به مقیاس جایگاه محوری در NEG دارند (ونبلز[۱]، ۲۰۰۹). واژه انباشت دو معنا دارد: نخست، فرآیندی که در آن اجزا یا واحدها به یکدیگر نزدیک می‌شوند و دوم، الگویی که در آن فعالیت اقتصادی به‌صورت فضایی متمرکز است (هد و مایر، ۲۰۰۴). انباشت اقتصادی ناشی از مجموعه‌ای از مزیت‌های مکانی است که از طریق سه سازوکار شکل می‌گیرد که عبارت‌اند از: الف) پیوندهای پسین و پیشین، که از طریق کاهش هزینه‌های مبادله و افزایش مقیاس تولید اثرگذاری می‌کنند (روبر-نیکود[۲]، ۲۰۰۶)؛ ب) انباشت نیروی کار ماهر، که باعث ایجاد بازار کار عمیق‌تر و کاهش هزینه جست‌وجو و آموزش برای بنگاه‌ها می‌شود (تولموند[۳]، ۲۰۰۶)؛ و ج) سرریزهای دانشی، که از طریق تسهیل جریان اطلاعات و یادگیری، بهره‌وری را افزایش می‌دهند (کو[٤]، ۲۰۰۵).

NEG با مشاهده الگوی انباشت آغاز می‌شود و فرآیندی را فرض می‌کند که ممکن است منجر به شکل‌گیری آن شده باشد: تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در کنار هم قرار می‌گیرند تا از صرفه‌های مقیاس در سطح بنگاه بهره ببرند و درعین‌حال هزینه‌های تجارت را به حداقل برسانند. بنابراین، NEG به‌طور ویژه بر پیوندهای تجاری به‌عنوان علت تمرکز فضایی فعالیت‌های اقتصادی متمرکز است (هد و مایر، ۲۰۰۴). این رویکرد تأکید می‌کند که فعالیت‌های اقتصادی تمایل دارند در مناطق خاصی خوشه‌بندی شوند و به شکل‌گیری مراکز بزرگ اقتصادی بینجامند. این تمرکز ناشی از مزایای بازدهی فزاینده به مقیاس و کاهش هزینه‌ها در اثر تمرکز صنایع و خدمات در یک مکان است (کومبز[٥] و همکاران، ۲۰۰۸). رشد این تجمعات به شکل علیت دایره‌ای عمل می‌کند؛ به این معنا که انباشت اولیه باعث رشد بیشتر شده و همین رشد دوباره انباشت را تقویت می‌کند. سازوکاری که در آن تغییرات اولیه مجموعه‌ای از بازخوردهای مثبت ایجاد می‌کنند و این بازخوردها همان تغییر اولیه را تقویت کرده و در نهایت به انباشت اقتصادی منجر می‌شوند. در این چارچوب، فرایندهای خودتقویت‌کننده زمینه را برای تبدیل یک مزیت کوچک اولیه به یک تمرکز اقتصادی بزرگ فراهم می‌سازند. هنگامی‌که بنگاه‌ها در یک مکان متمرکز می‌شوند، دسترسی بهتر به نهاده‌های مشترک، ایجاد بازار کار بزرگ‌تر و شکل‌گیری سرریزهای دانشی، جذابیت منطقه را افزایش داده و موجب استقرار بنگاه‌ها و نیروی کار بیشتر می‌شود. این چرخه مثبت همان چیزی است که در سنت نظری میردال و در چارچوب مدل‌های کروگمن نقش اساسی دارد. در NEG، بازدهی‌های فزاینده به مقیاس موتور اصلی این فرایندهای دایره‌ای هستند. بزرگ‌تر شدن مقیاس فعالیت در یک منطقه موجب کاهش متوسط هزینه، افزایش بهره‌وری و جذابیت بیشتر آن منطقه برای فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و این افزایش جذابیت دوباره موجب تقویت بازدهی فزاینده و تمرکز بیشتر می‌گردد. در مدل مرکز–پیرامون کروگمن، همین سازوکار باعث شکست تعادل متقارن و شکل‌گیری یک هسته اقتصادی قوی می‌شود (ریکوی[٦]، ۲۰۱۸).

صرفه‌های انباشت نقش بسیار مهمی در تمرکز فعالیت‌های کشاورزی دارند. این صرفه‌ها زمانی شکل می‌گیرند که بنگاه‌ها از نزدیکی مکانی به یکدیگر سود می‌برند و در نتیجه بهره‌وری و کارایی افزایش می‌یابد. برای مثال، تراکم دامداری‌های شیری در انتاریو به دلیل وجود صرفه‌های انباشت، تأثیر مثبتی بر کارایی تولید دارد (هایلو و جیمز دیتون[۷]، ۲۰۱۶). نمونه بارز این الگو را می‌توان در آمازون برزیل نیز مشاهده کرد؛ جایی که وجود صرفه‌های انباشت در منطقه سوریسو باعث نوآوری، افزایش بهره‌وری و ارتقای تولید سویا شد و نشان داد که انباشت اقتصادی می‌تواند به‌طور مستقیم عملکرد بخش کشاورزی را بهبود دهد (گرت[۸] و همکاران، ۲۰۱۳). صرفه‌های انباشت علاوه بر اثرگذاری بر کارایی اقتصادی، اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی نیز به همراه دارند. خوشه‌بندی فضایی مرغداری‌ها می‌تواند بر گسترش بیماری‌ها تأثیرگذار باشد. برای مثال، مناطقی با تراکم بالای مرغداری‌ها بیشتر در معرض اپیدمی‌ها قرار دارند (دوپاس[۹] و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، تمرکز مرغداری‌ها در یک منطقه می‌تواند به رقابت بیشتر برای منابع منجر شود؛ رقابتی که هزینه‌ها را افزایش داده و در نهایت سودآوری واحدهای مرغداری را کاهش می‌دهد. این وضعیت به‌ویژه در مناطقی با انباشت بالای فعالیت‌های کشاورزی مشهود است، جایی که اثر سیفون با تخلیه منابع محلی می‌تواند درآمد کشاورزان را کاهش دهد (هه[۱۰] و همکاران، ۲۰۲۰).

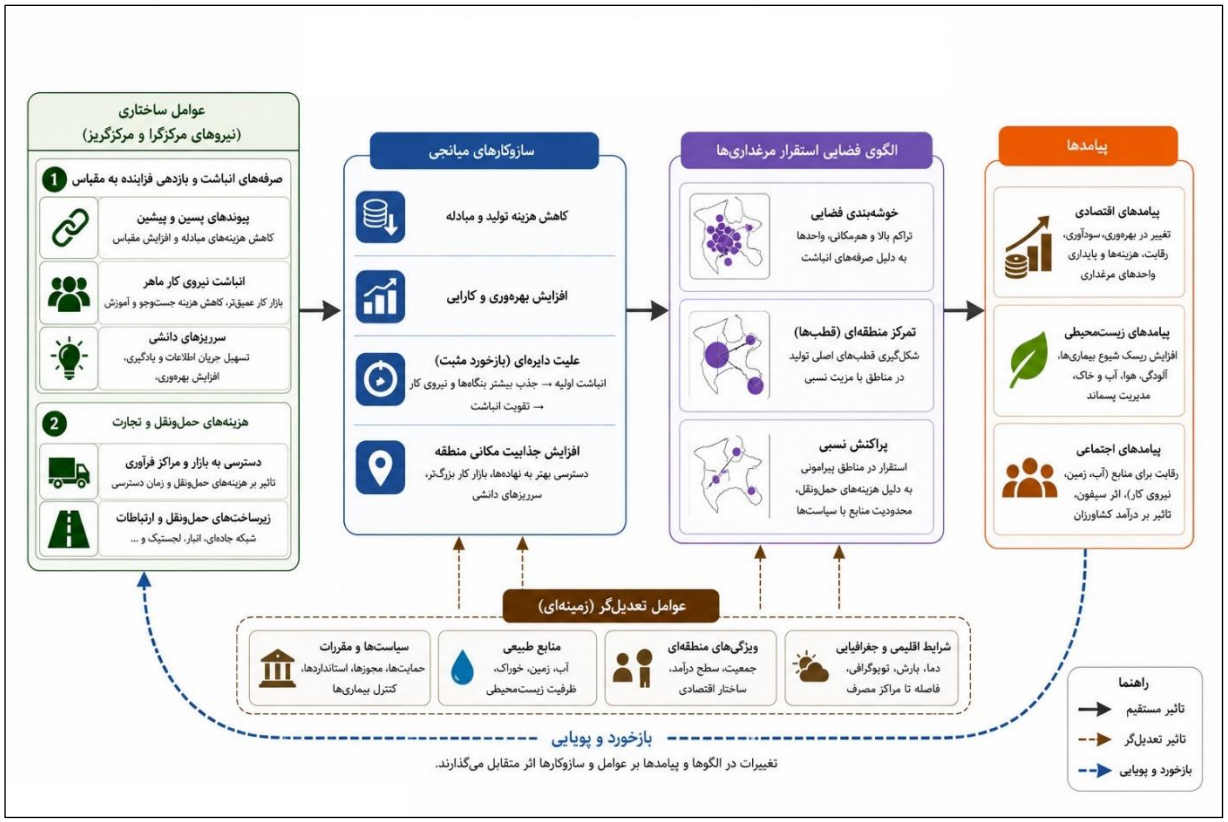
ب) هزینه‌های حمل‌ونقل و تجارت

هزینه‌های تجارت و حمل‌ونقل در NEG نقش کلیدی دارند. هزینه‌های حمل‌ونقل و قابلیت دسترسی تأثیر قابل‌توجهی بر تمرکز فعالیت‌های کشاورزی دارند. وجود زیرساخت‌های حمل‌ونقل کارآمد دسترسی به بازارها را تسهیل می‌کند و این موضوع برای سودآوری و

[1] -Venables
[2] -Robert-Nicoud
[3] -Toulemonde
[4] -Koo
[5] -Combes
[6] -Ricoy
[7] -Hailu & James Deaton
[8] -Garrett
[9] -Dupas
[10] -He

گسترش کسب‌وکارهای کشاورزی حیاتی است (دِ کاسترو ویکتوریا[1] و همکاران، ۲۰۲۱). NEG نشان می‌دهد که کاهش هزینه‌های تجارت، جابه‌جایی کالا و خدمات را تسهیل کرده و بر مکان‌یابی فعالیت‌های صنعتی و یکپارچگی منطقه‌ای اثر می‌گذارد (براکمن و گارتسن[2]، ۲۰۰۵). همچنین کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، عاملی اساسی برای تمرکز فضایی فعالیت‌ها است؛ زیرا هرچه این هزینه‌ها کمتر باشد، بنگاه‌ها و نیروی کار تمایل بیشتری به استقرار در مناطق دارای مزیت‌های انباشت خواهند داشت (نیکامپ[3] و همکاران، ۲۰۲۴). در زمینه کشاورزی، هزینه‌های بالای حمل‌ونقل می‌تواند موجب تمرکز تولید شیر و دامداری‌ها در مناطق نزدیک به واحدهای فرآوری شود تا هزینه‌ها کاهش یابد. در مقابل، هزینه‌های پایین حمل‌ونقل می‌تواند از تنوع‌بخشی منطقه‌ای حمایت کند (اوکوبو[4]، ۲۰۱۱). در مناطق با هزینه‌های بالای حمل‌ونقل، دامداری‌های شیری ممکن است از نظر اقتصادی غیرقابل‌تداوم شوند، که این امر می‌تواند منجر به رهاسازی مزرعه‌ها یا ادغام در واحدهای بزرگ‌تر و کارآمدتر شود (اشمید و برنهارت[5]، ۲۰۲۱).چارچوب نظری این پژوهش مبتنی بر رویکرد جغرافیای اقتصادی نو است که با تأکید بر تحلیل نیروهای مؤثر بر سازمان‌یابی فضایی فعالیت‌های اقتصادی، تبیین می‌کند که استقرار مرغداری‌های صنعتی نه یک پدیده تصادفی، بلکه حاصل برهم‌کنش پیچیده نیروهای مرکزگرا و مرکزگریز در فضا است. بر این اساس، در مدل مفهومی پژوهش نیز روابط میان عوامل زیرساختی، جمعیتی و محیطی و نحوه تأثیر آن‌ها بر الگوی استقرار مرغداری‌های صنعتی در قالب یک نظام علّی-فضایی بازنمایی شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. در این چارچوب، صرفه‌های انباشت و بازدهی فزاینده به مقیاس به‌عنوان مهم‌ترین نیروهای مرکزگرا عمل می‌کنند که از طریق پیوندهای پسین و پیشین، تجمع نیروی کار ماهر و سرریزهای دانشی، موجب کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و شکل‌گیری مزیت‌های رقابتی در برخی نواحی می‌شوند. این فرآیندها در قالب سازوکارهای خودتقویت‌کننده یا علیت دایره‌ای، تمرکز اولیه را تشدید کرده و به شکل‌گیری کانون‌ها یا قطب‌های تولیدی در فضا می‌انجامند، به‌گونه‌ای که مناطق برخوردار از مزیت‌های اولیه به‌تدریج به مراکز اصلی استقرار فعالیت‌های مرغداری تبدیل می‌شوند. در مقابل، هزینه‌های حمل‌ونقل و تجارت به‌عنوان نیروی تعیین‌کننده در تنظیم این تمرکز عمل کرده و بسته به سطح و شدت خود می‌توانند زمینه تمرکز یا پراکنش فعالیت‌ها را فراهم سازند؛ به‌طوری که کاهش این هزینه‌ها امکان بهره‌گیری بیشتر از صرفه‌های انباشت را فراهم کرده و تمرکز فضایی را تقویت می‌کند، در حالی که افزایش آن‌ها یا محدودیت منابع می‌تواند به پراکنش نسبی فعالیت‌ها یا استقرار در نزدیکی بازارها و مراکز مصرف منجر شود. بر این اساس، الگوی فضایی استقرار مرغداری‌های صنعتی در استان خراسان رضوی را می‌توان به‌صورت برآیند این نیروها تفسیر کرد که در قالب خوشه‌بندی فضایی، تمرکز منطقه‌ای در قالب قطب‌ها و یا پراکنش نسبی نمود می‌یابد. این روابط در مدل مفهومی پژوهش نیز به‌صورت یک نظام علّی-فضایی بازنمایی شده‌اند که در آن عوامل ساختاری از طریق سازوکارهای میانجی مانند کاهش هزینه تولید، افزایش بهره‌وری و ارتقای جذابیت مکانی، به شکل‌گیری الگوهای فضایی متفاوت منجر شده و در نهایت پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را رقم می‌زنند؛ پیامدهایی که خود از طریق بازخوردهای پویا مجدداً بر عوامل اولیه و فرآیندهای استقرار اثر گذاشته و ماهیتی پویا و تکاملی به نظام فضایی مورد مطالعه می‌بخشند.

[1] -de Castro Victoria
[2] -Brakman & Garretsen
[3] -Nijkamp
[4] -Okubo
[5] - Schmid & Bernhardt

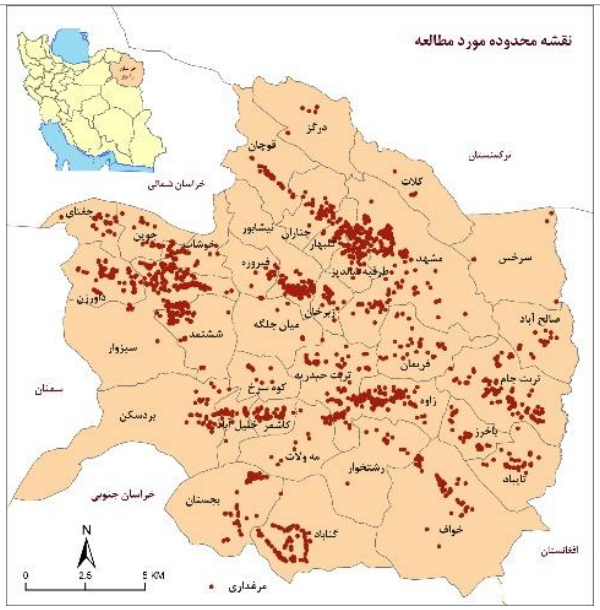



شکل ۱. مدل مفهومی سازوکارهای شکل‌گیری الگوی فضایی استقرار مرغداری‌های صنعتی

## ۳ داده‌ها و روش تحقیق

### ۳-۱-منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال‌شرق ایران واقع شده و مرکز آن شهر مشهد است که به‌عنوان دومین کلان‌شهر پرجمعیت کشور و قطب مذهبی، فرهنگی و اقتصادی ایران شناخته می‌شود. این استان با مساحتی در حدود ۱۱۸٬۸۸۴ کیلومتر مربع، پنجمین استان بزرگ کشور به شمار می‌رود و بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ دارای جمعیتی بالغ بر ۶٬۴۳۴٬۵۰۱ نفر است که پس از تهران، پرجمعیت‌ترین استان ایران محسوب می‌شود. از نظر موقعیت جغرافیایی، خراسان رضوی با کشورهای افغانستان و ترکمنستان و همچنین استان‌های خراسان شمالی، خراسان جنوبی و سمنان هم‌مرز است. این استان دارای ۳۴ شهرستان، ۸۲ بخش، ۱۷۹ دهستان و ۹۶ شهر است که نشان‌دهنده پراکندگی و تنوع سکونتگاهی بالاست(شکل ۳). وجود شبکه‌های حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی، تنوع اقلیمی و منابع طبیعی، شرایطی فراهم کرده که استقرار واحدهای تولیدی و به‌ویژه مرغداری‌های صنعتی در بخش‌های مختلف استان با شدت و الگوهای متفاوتی شکل گیرد.




شکل ۳. موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی و توزیع جغرافیایی مرغداری‌های صنعتی

### ۳-۲- روش تحقیق

پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر روش‌های کمی و تکنیک‌های تحلیل فضایی انجام شده است. همان‌گونه که در فلوچارت روش‌شناسی پژوهش (شکل۲) نشان داده‌شده، فرآیند تحقیق در چند مرحله اصلی سازمان‌دهی شده است. در مرحله اول، داده‌های موردنیاز شامل داده‌های برداری، رستری و آماری از منابع مختلف گردآوری شد. موقعیت جغرافیایی ۱۹۳۵ واحد مرغداری صنعتی از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۳ تهیه و پس از کنترل کیفیت، حذف داده‌های تکراری و خطاهای مکانی، به لایه نقطه‌ای در محیط ArcGIS تبدیل شد. همچنین داده‌های توپوگرافی از مدل ارتفاع رقومی کوپرنیکوس(GLO-30)، داده‌های اقلیمی از پایگاه TERRA CLIMATE و رطوبت نسبی از پایگاه ECMWF/ERA5 ، داده‌های نقاط روستایی و شهری از سرشماری عمومی نفوس و مسکن مرکز آمار ایران(سال ۱۳۹۵) استخراج شدند. علاوه بر این، اسامی و آدرس کشتارگاه‌های دام و طیور و کارخانه‌های خوراک دام و طیور از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی اخذ شد و پس از فرایند ژئوکدینگ، به لایه‌های مکانی قابل‌استفاده در محیط GIS تبدیل گردید تا امکان محاسبه فاصله فراهم شود.

در مرحله دوم، تمامی داده‌ها در محیط ArcGIS یکپارچه‌سازی، پاک‌سازی و استانداردسازی شدند. در این مرحله سیستم مختصات داده‌ها یکسان‌سازی شده و لایه‌های موردنیاز برای تحلیل فضایی آماده گردید. سپس به‌منظور مدل‌سازی، منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار Create Fishnet در نرم‌افزار ArcGIS 10.8.1 به شبکه‌های منظم ۵×۵ کیلومتری تقسیم شد. استفاده از شبکه‌های منظم این امکان را فراهم کرد که تراکم مرغداری‌ها و مقادیر متغیرهای محیطی و زیرساختی برای هر واحد فضایی به‌صورت استاندارد استخراج و قابل‌مقایسه شوند.

در مرحله سوم، متغیرهای پژوهش استخراج و شاخص‌های فضایی موردنیاز محاسبه شد. در این مرحله، متغیرهایی نظیر ارتفاع، دما، بارش، فاصله از شهر، فاصله از جاده، فاصله از کشتارگاه، فاصله از کارخانه‌های خوراک دام و طیور و تراکم جمعیت در شبکه تجمیع گردید. در مرحله چهارم، برای تحلیل ساختار فضایی استقرار مرغداری‌ها از شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه(ANN) ، تراکم کرنل و بیضی انحراف استاندارد استفاده شد. شاخص ANN برای تعیین نوع الگوی پراکنش (خوشه‌ای، تصادفی یا یکنواخت)، تراکم کرنل برای شناسایی قطب‌های تمرکز و شدت تراکم، و بیضی انحراف استاندارد برای بررسی جهت‌گیری و گرایش فضایی الگوها به کار گرفته شد.

در مرحله پنجم، روابط دومتغیره میان تراکم مرغداری‌ها و متغیرهای محیطی و انسانی با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن بررسی شد. انتخاب این روش به دلیل غیرنرمال بودن داده‌ها و ماهیت رتبه‌ای برخی متغیرها صورت گرفت. افزون بر این، برای شناسایی ساختارهای درونی و نزدیکی عملکردی متغیرها از خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و دندروگرام استفاده شد که نتایج آن در قالب نقشه حرارتی و ساختار خوشه‌ای متغیرها ارائه گردید. در مرحله ششم، مدل‌سازی عوامل مؤثر بر استقرار فضایی مرغداری‌های صنعتی انجام شد. بررسی اولیه توزیع متغیر وابسته نشان داد که داده‌های تراکم مرغداری دارای چولگی مثبت شدید و تعداد قابل‌توجهی مقدار صفر هستند؛ به‌طوری‌که بخشی از شبکه‌ها فاقد هرگونه واحد مرغداری بودند. از آنجا که این صفرها «صفرهای واقعی» محسوب می‌شوند و ناشی از سانسور داده نیستند، استفاده از مدل‌های کلاسیک مانند رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) مناسب تشخیص داده

نشد. بنابراین، در این پژوهش از مدل هاردل فضایی دوبخشی استفاده شد. در بخش اول، احتمال استقرار یا عدم استقرار مرغداری با استفاده از مدل لوجیت برآورد شد و در بخش دوم، شدت تراکم در شبکه‌های دارای مقدار مثبت با استفاده از رگرسیون لاگ-نرمال مدل‌سازی گردید. این رویکرد امکان تفکیک دو فرآیند متفاوت «احتمال استقرار» و «شدت تراکم» را فراهم می‌کند و نسبت به مدل‌های تک‌مرحله‌ای، برآورد دقیق‌تری از عوامل مؤثر بر الگوی استقرار ارائه می‌دهد. همچنین، برای کنترل و حذف خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌ها، از روش فیلترینگ فضایی مبتنی بر بردارهای ویژه استفاده شد. در مرحله پایانی(مرحله هفتم)، تحلیل نتایج، تولید نقشه‌ها و کارتوگرافی نهایی انجام شد. بخشی از پردازش‌های آماری، تولید نقشه‌های حرارتی و اجرای مدل‌های اقتصادسنجی فضایی با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌های تخصصی تحلیل داده‌های فضایی و آماری انجام گرفت و در نهایت نقشه‌ها و خروجی‌های گرافیکی در نرم‌افزار Adobe Illustrator طراحی و آماده‌سازی شدند. در ادامه به‌طور خلاصه روش‌های آماری تشریح می‌شود.

۱. شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایه

با استفاده از شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایه (ANN) الگوی فضایی نقاط بررسی می‌شود تا مشخص شود توزیع مرغداری‌ها در سطح استان خوشه‌ای، تصادفی یا یکنواخت است. این شاخص فاصله‌های واقعی میان واحدهای مرغداری را با فاصله‌های مورد انتظار به‌صورت آماری مقایسه کرده و الگوی فضایی را تعیین می‌کند.

۲. برآورد تراکم کرنل

شاخص متوسط نزدیک‌ترین همسایه میزان خوشه‌بندی را ارزیابی می‌کند، اما بصری‌سازی مؤثری ارائه نمی‌دهد. در مقابل، تحلیل تراکم کرنل، نمایش‌های بصری ارزشمندی از تراکم در سراسر منطقه ارائه می‌کند(Okabe et al., 2009). ترکیب شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه با برآورد تراکم کرنل امکان بررسی جامع‌تری از توزیع فضایی و تجمع واحدهای مرغداری فراهم می‌آورد. بنابراین، برآورد تراکم کرنل این امکان را فراهم می‌کند تا نقشه‌ای پیوسته از شدت توزیع واحدهای مرغداری صنعتی تولید گردد. برآورد تراکم کرنل روشی ناپارامتریک برای برآورد تابع تراکم احتمال یک متغیر تصادفی است. در این روش، یک تابع تراکم شناخته‌شده بر اساس داده‌های مشاهده‌شده میانگین‌گیری می‌شود تا یک تقریب هموار[1] از توزیع داده‌ها ایجاد گردد. برآورد تراکم کرنل می‌تواند ویژگی‌های پراکندگی فضایی یا تمرکز فضایی را از طریق آزمون تغییرپذیری تراکم نقاط نمونه نشان دهد. در نتیجه، میزان پراکندگی و تمرکز نقاط نمونه در فضا قابل‌تعیین است(Zhang et al., 2022). خروجی این روش، مناطق دارای تمرکز بالا (قطب‌های استقرار) و همچنین مناطق دارای پراکنش ضعیف را نشان می‌دهد و زمینه‌ای برای تحلیل دقیق‌تر فراهم می‌سازد. فرمول محاسبه آن به صورت زیر است:

$$f(x) = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} k\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

در این رابطه، $f(x)$ مقدار برآورد شده تراکم کرنل واحدهای مرغداری را نشان می‌دهد. n تعداد کل واحدهای مرغداری است، $x - x_i$ فاصله نقطه برآوردشده x از نمونه $x_i$ است، h>0 پهنای باند را نشان می‌دهد؛ و k تابع وزن فضایی است (Zhang et al., 2022).

۳. بیضی انحراف استاندارد

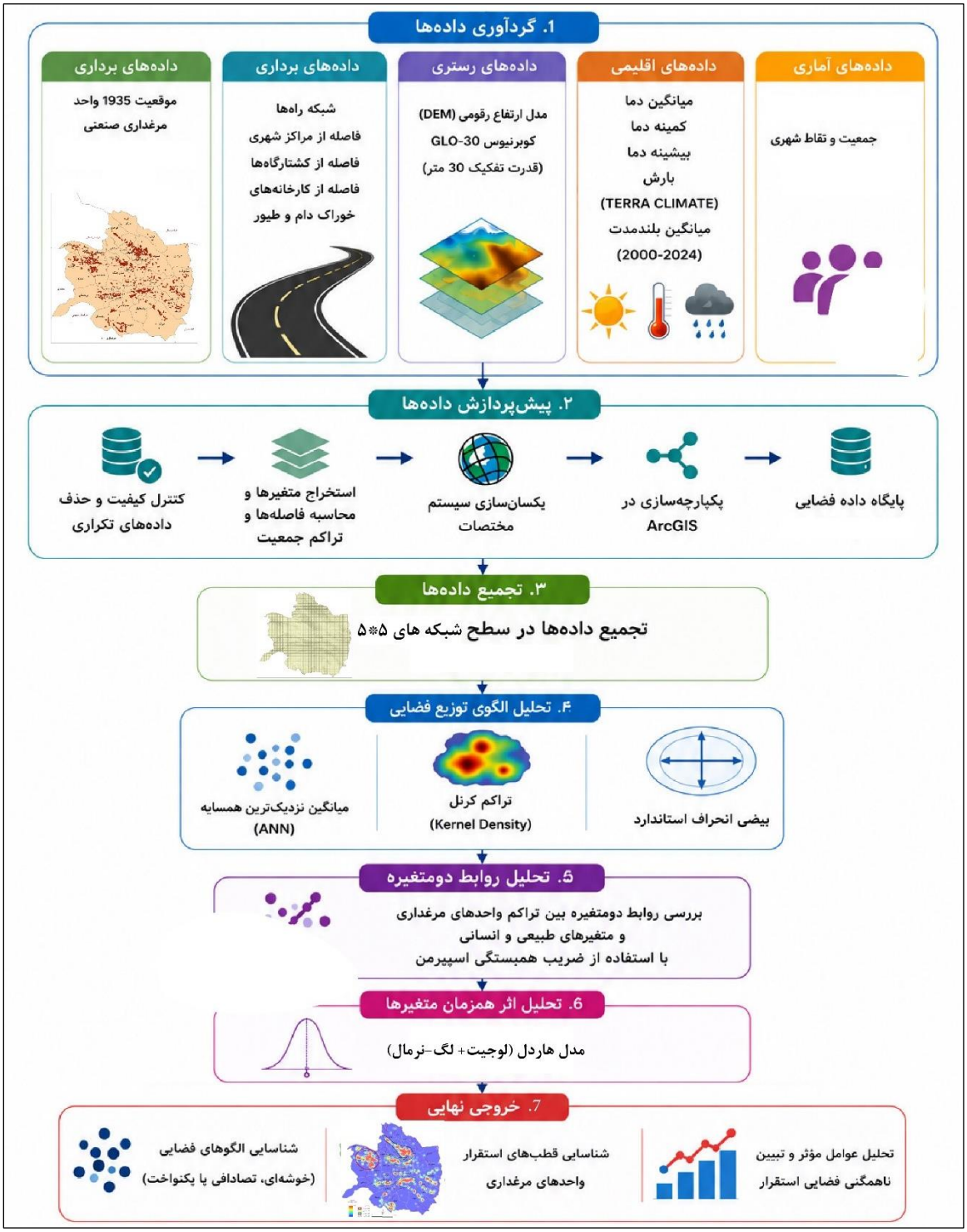
روش بیضی انحراف استاندارد برای بصری‌سازی الگوهای خوشه‌بندی فضایی واحدهای مرغداری صنعتی به‌کار گرفته شد. این روش جهت‌گیری و گرایش مرکزی واحدهای مرغداری را شناسایی می‌کند و نمای هندسی از تغییرات فضایی ارائه می‌دهد(Xu et al., 2025).

۴. مدل هاردل فضایی

در تحلیل داده‌های پیوسته، چالش‌هایی مانند صفرهای بیش‌ازحد، داده‌های نیمه‌پیوسته و توزیع‌های چوله به راست می‌تواند موجب کاهش کارایی روش‌های آماری متداول شود. یکی از مهم‌ترین مشکلات، وجود تعداد زیاد مقادیر صفر است که روش‌های استاندارد توان تحلیل مناسب آن را ندارند. برای حل این مسئله، از مدل‌های هاردل و مدل‌های دوبخشی استفاده می‌شود که فرآیند تولید صفرها را از مقادیر مثبت جدا می‌کنند(Mabire-Yon, 2025; Liu et al., 2019). در این پژوهش، مدل هاردل فضایی در دو مرحله اجرا شد؛ به‌گونه‌ای که در مرحله نخست، احتمال استقرار یا عدم استقرار مرغداری در هر واحد فضایی با استفاده از مدل لوجیت برآورد گردید و در مرحله دوم، شدت تراکم مرغداری‌ها در واحدهای دارای مقدار مثبت با استفاده از رگرسیون لاگ-نرمال مدل‌سازی شد. این رویکرد امکان تفکیک عوامل مؤثر بر «استقرار اولیه» از عوامل مؤثر بر «شدت تراکم» فعالیت را فراهم کرده و موجب افزایش دقت تبیین ناهمگنی فضایی شده است.

[1] - Smooth Approximation

از آنجا که داده‌های فضایی معمولاً دارای وابستگی فضایی هستند، برای کنترل خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌ها از روش فیلترینگ فضایی مبتنی بر بردارهای ویژه موران استفاده شد. این روش با استخراج بردارهای ویژه فضایی و واردکردن آن‌ها به مدل، ساختارهای فضایی پنهان را کنترل کرده و موجب کاهش خودهمبستگی فضایی در باقیمانده‌ها می‌شود.




شکل۲. فلوچارت روش‌شناسی شناسایی الگوهای استقرار و عوامل موثر بر آن

## ۴ یافته‌های پژوهش

الگوی ساختار فضایی و جهت‌گیری قطب- محور واحدهای مرغداری صنعتی

الگوی استقرار واحدهای مرغداری صنعتی در استان خراسان رضوی، با استفاده نقشه تراکم کرنل، مرکز میانگین، بیضی انحراف استاندارد و شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه، بررسی شد. نتایج حاصل از این روش‌ها، حاکی از آن است که توزیع واحدها نه‌تنها از تمرکز فضایی بالایی برخوردار است، بلکه این تمرکز در چارچوب یک منطق قطب-محور، سلسله‌مراتبی و جهت‌دار شکل‌گرفته است. این ساختار هم از نظر شدت و گستره تراکم وهم از نظر شکل فضایی (مورفولوژی لکه‌ها) دارای تنوع معنادار است. بر این اساس، قطب‌های واحدهای مرغداری صنعتی در استان خراسان رضوی را می‌توان به سه سطح اصلی و چند زیرسطح طبقه‌بندی کرد که در ادامه تشریح می‌شود.

سطح اول: قطب‌های اصلی استقرار

قطب‌های اصلی استقرار، کانون‌های غالب و سازمان‌دهنده فعالیت مرغداری صنعتی در مقیاس استانی محسوب می‌شوند. این قطب‌ها بالاترین شدت تراکم، بیشترین پیوستگی فضایی و گسترده‌ترین دامنه اثرگذاری منطقه‌ای را دارا بوده و نقش هدایت‌کننده جریان‌های تولید، توزیع و خدمات پشتیبان را ایفا می‌کنند. در استان خراسان رضوی، این سطح شامل نواحی است که در آن‌ها لکه‌های توده‌ای بزرگ، پیوسته و پایدار مشاهده می‌شود. از نظر شکل الگوی فضایی، قطب‌های اصلی به دو زیرگروه قابل تفکیک‌اند:

الف) قطب‌های پهنه‌ای (توده‌ای)

این قطب‌ها شامل نواحی هستند که تمرکز فعالیت‌ها به‌صورت توده‌ای، فشرده و غیرمحوری در یک پهنه نسبتاً وسیع شکل‌گرفته است. در این ساختار، تراکم بالا فاقد جهت‌گیری خطی مشخص بوده و معمولاً حاصل همپوشانی چند هسته درونی است. در استان خراسان رضوی، محدوده سلطان‌آباد- داورزن- ششتمد نمونه‌ای شاخص از قطب‌های پهنه‌ای محسوب می‌شوند که تمرکز مرغداری‌ها در آن به‌صورت یک توده نسبتاً یکنواخت و فشرده ظاهرشده و نقش تثبیت‌کننده تولید و جذب‌کننده فعالیت‌های وابسته در غرب استان را ایفا می‌کند(شکل ۴).

ب) قطب‌های محوری

قطب‌های محوری شامل نواحی هستند که تمرکز مرغداری‌ها در امتداد یک محور ارتباطی یا کریدور فضایی شکل‌گرفته است. این قطب‌ها به‌صورت لکه‌های کشیده و خطی ظاهرشده و وابستگی بالایی به شبکه حمل‌ونقل و جریان‌های فضایی دارند. در استان، محور تربت‌جام-تایباد-خواف در شرق و جنوب‌شرق و محور مشهد-نیشابور (نیشابور، زبرخان و فیروزه) در بخش مرکزی، نمونه‌های شاخص این نوع قطب به شمار می‌روند(شکل ۴). این نوع قطب‌ها بیشتر نقش گسترش‌دهنده و انتقال‌دهنده فعالیت تولیدی را ایفا کرده و پیوند میان قطب‌های اصلی و فرعی را تقویت می‌کنند.

ج) قطب‌های پهنه‌ای-محوری (ترکیبی)

این قطب‌ها دارای ساختاری ترکیبی و مورفولوژی متغیر در فضا هستند؛ به‌گونه‌ای که یک هسته پهنه‌ای پرشدت در مجاورت مراکز شهری بزرگ شکل‌گرفته و در ادامه، تمرکز فعالیت‌ها به‌صورت امتداد محوری در راستای کریدورهای ارتباطی گسترش می‌یابد. در این ساختار، بخش پهنه‌ای قطب نقش تثبیت‌کننده و سازمان‌دهنده تولید را بر عهده دارد، درحالی‌که بخش محوری آن کارکرد انتقال، اشاعه و پیونددهی فضایی فعالیت‌ها را ایفا می‌کند. نمونه شاخص این نوع قطب در استان، ساختار مشهد-گلبهار-قوچان است؛ به‌طوری‌که در محدوده مشهد تا گلبهار تمرکز مرغداری‌ها به‌صورت توده‌ای و پهنه‌ای ظاهرشده، اما در امتداد گلبهار تا قوچان لکه‌های تراکمی به‌صورت کشیده و محوری سازمان یافته‌اند. این ساختار ترکیبی، مورفولوژی‌ای مشابه الگوی «هسته-بازو» ایجاد کرده و یکی از مهم‌ترین قطب‌های سازمان‌دهنده تولید طیور در شمال استان به‌شمار می‌رود(شکل ۴).

سطح دوم: قطب‌های فرعی

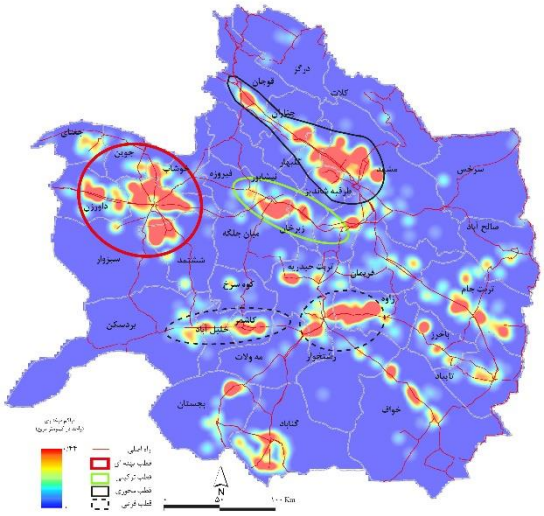
سطح دوم ساختار قطب-محور شامل نواحی است که اگرچه دارای تمرکز قابل‌توجه فعالیت تولیدی هستند، اما از نظر شدت، وسعت و قدرت سازمان‌دهی فضایی، در مرتبه‌ای پایین‌تر از قطب‌های اصلی قرار می‌گیرند. این قطب‌ها عمدتاً در ارتباط عملکردی با قطب‌های اصلی شکل‌گرفته و نقش مکمل و پشتیبان را ایفا می‌کنند. در این سطح، قطب‌های فرعی شامل نواحی مانند کاشمر- خلیل‌آباد و تربت حیدریه- زاوه نمونه‌ای بارز از این نوع قطب محسوب می‌شوند. این قطب‌ها به‌صورت لکه‌هایی با تراکم متوسط و انسجام فضایی نسبتاً مناسب ظاهر می‌شوند و سهم مهمی در تولید منطقه‌ای دارند، اما نقش هدایت‌کننده در مقیاس استانی ندارند(شکل ۴).

سطح سوم: فضاهای غیرقطبی و هسته‌های موضعی

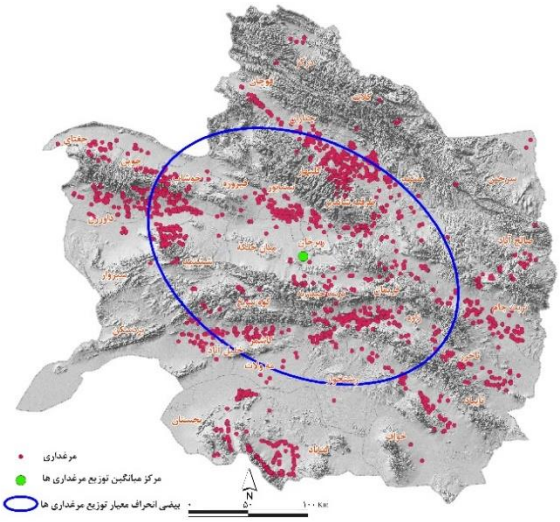
پایین‌ترین سطح سلسله‌مراتب قطب-محور به فضاهایی اختصاص دارد که یا فاقد تمرکز معنادار فعالیت مرغداری صنعتی هستند یا تنها دارای لکه‌های کوچک و منفرد با اثرگذاری محدود محلی‌اند. در استان خراسان رضوی، نواحی مانند جنوب صالح‌آباد و فریمان به‌صورت هسته‌های موضعی استقرار مرغداری ظاهرشده‌اند که نقش آن‌ها عمدتاً در سطح محلی قابل تفسیر است. همچنین بخش‌هایی از جنوب، جنوب‌شرق و شرق استان که در نقشه با تراکم‌های بسیار پایین یا پراکنش ضعیف مشخص‌اند، در قالب پهنه‌های غیرقطبی قابل‌شناسایی هستند(شکل ۴). این نواحی بیانگر محدودیت‌های محیطی، زیرساختی یا اقتصادی و در عین حال نشان‌دهنده ظرفیت بالقوه برای مداخله سیاستی هدفمند در آینده‌اند.

تحلیل مرکز میانگین واحدهای مرغداری نشان می‌دهد که نقطه تعادل فضایی این فعالیت در بخش مرکزی استان قرارگرفته و به‌خوبی با پهنه‌های دارای بیشترین تراکم کرنل هم‌خوانی دارد. این هم‌پوشانی بیانگر آن است که تمرکز فضایی مرغداری‌ها صرفاً حاصل تجمع‌های محلی نیست، بلکه در مقیاس کل استان نیز دارای ثقل مشخص و معنادار است. افزون بر این، بیضی انحراف استاندارد نشان می‌دهد که الگوی پراکنش واحدها دارای کشیدگی غالب در راستای شمال‌غرب-جنوب‌شرق است. زاویه چرخش بیضی (Rotation ≈ 119 درجه) بیانگر جهت‌گیری غالب این ساختار بوده و انطباق بالایی با محورهای اصلی استقرار، کریدورهای ارتباطی و پهنه‌های مساعد طبیعی استان دارد. این جهت‌گیری فضایی نشان می‌دهد که توسعه مرغداری صنعتی نه به‌صورت شعاعی، بلکه در امتداد محورهای منتخب و دارای مزیت نسبی گسترش یافته است(شکل ۵).

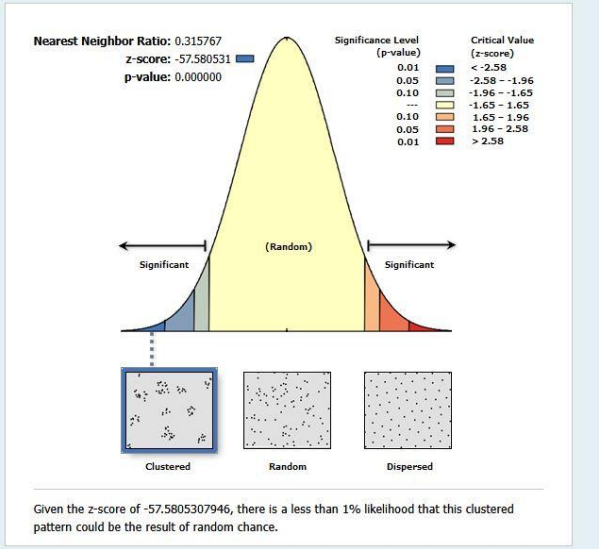
برای ارزیابی آماری الگوی پراکنش نقاط و سنجش میزان تصادفی‌بودن این ساختار، از شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد. نتایج این آزمون نشان می‌دهد که نسبت نزدیک‌ترین همسایه برابر با ۰/۳۱۶ به‌دست آمده که به‌طور معناداری کمتر از عدد یک است و بیانگر خوشه‌بندی شدید نقاط می‌باشد. مقدار نمره z برابر با ۵۷/۵- و سطح معناداری p=000 نیز نشان می‌دهد که احتمال شکل‌گیری این الگو به‌صورت تصادفی عملاً صفر است(شکل ۶).



شکل ٤. نقشه تراکم کرنل واحدهای مرغداری صنعتی




شکل ۵. نقشه منطقه مورد مطالعه توزیع جهت‌دار (بیضی انحراف معیار و مرکز میانگین) واحدهای مرغداری صنعتی

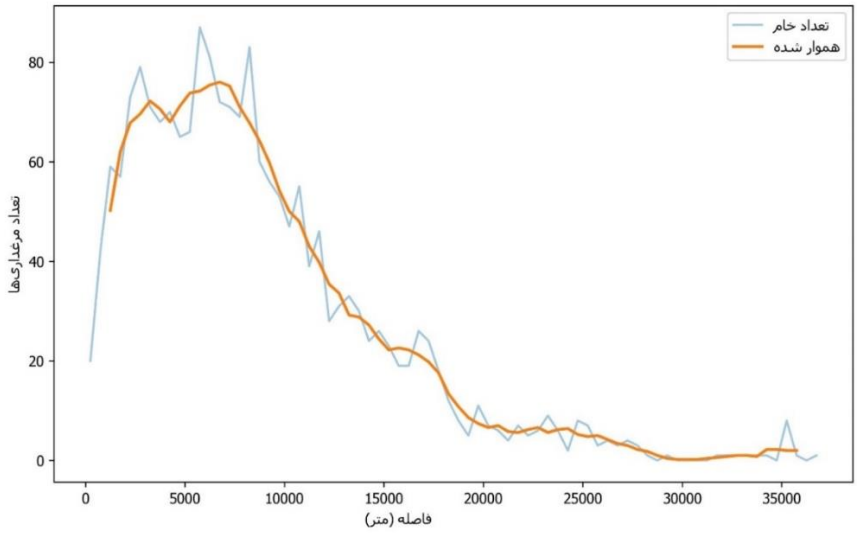



شکل ٦. نتایج شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایه

تحلیل همبستگی و خوشه‌بندی متغیرهای موثر بر استقرار مرغداری‌های صنعتی

به‌منظور بررسی سازوکارهای مؤثر بر الگوی فضایی استقرار مرغداری‌های صنعتی، روابط میان متغیرهای محیطی، جمعیتی و زیرساختی از ضریب همبستگی اسپیرمن و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی استفاده شد. نتایج این تحلیل که در شکل(۷) به‌صورت نقشه حرارتی همبستگی و دندروگرام خوشه‌ای ارائه‌شده است، نشان می‌دهد که ساختار فضایی صنعت مرغداری در استان خراسان رضوی حاصل برهم‌کنش مجموعه‌ای از نیروهای محیطی، زیرساختی و جمعیتی است که در قالب نیروهای «مرکزگرا» و «مرکزگریز» عمل می‌کنند. دندروگرام شکل(۷) نشان می‌دهد که متغیرها در قالب چند خوشه عملکردی مجزا سازمان‌یافته‌اند و هر خوشه بیانگر یک منطق فضایی خاص در استقرار فعالیت‌های مرغداری است.

بر اساس شکل(۷) تراکم مرغداری‌ها بیشترین همبستگی مثبت و معنادار را با تراکم جمعیت (۰/۶۱) دارد. این رابطه بیانگر آن است که استقرار مرغداری‌ها به‌شدت تحت تأثیر بازار مصرف، تمرکز جمعیتی و توسعه زیرساخت‌های انسانی قرار دارد. درواقع، افزایش تراکم جمعیت به معنای افزایش تقاضای مصرف، توسعه خدمات دامپزشکی، دسترسی بهتر به نیروی کار و تقویت شبکه‌های توزیع است و همین مسئله موجب جذب فعالیت‌های مرغداری پیرامون مراکز جمعیتی شده است. قرارگیری متغیرهای «تراکم جمعیت» و «تراکم مرغداری» در یک خوشه مشترک در دندروگرام نیز این وابستگی عملکردی را تأیید می‌کند. در مقابل، نتایج همبستگی نشان می‌دهد که تراکم مرغداری‌ها با فاصله از کارخانه‌های خوراک دام (۰/۷۱-)، فاصله از شهر (۰/۵۱-) و فاصله از جاده (۰/۳۳-) رابطه منفی و معناداری دارد. این روابط نشان می‌دهد که هرچه فاصله از زیرساخت‌های اساسی و شبکه‌های دسترسی افزایش یابد، مطلوبیت فضایی برای استقرار مرغداری کاهش پیدا می‌کند. بر اساس این نمودار(۱)، در فواصل بسیار نزدیک به شهر (کمتر از حدود ۲ تا ۳ کیلومتر)، تعداد مرغداری‌ها پایین است که می‌توان آن را ناشی از حریم‌های بهداشتی- زیست‌محیطی، محدودیت‌های قانونی استقرار و بالا بودن قیمت زمین در مجاورت سکونتگاه‌های شهری دانست(فاصله از شهر بر اساس محدوده شهر محاسبه شد نه نقطه شهری). در ادامه، با افزایش فاصله، تراکم به‌سرعت افزایش‌یافته و در فاصله‌ای حدود ۵ تا ۸ کیلومتر به بیشترین مقدار خود می‌رسد (با اوج تقریبی در حدود ۷ کیلومتر). پس از این محدوده، روند کاهشی آغازشده و در فواصل بیش از ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر، تعداد مرغداری‌ها به حداقل می‌رسد که بیانگر افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، کاهش دسترسی به بازار و افت جذابیت اقتصادی مکان است.

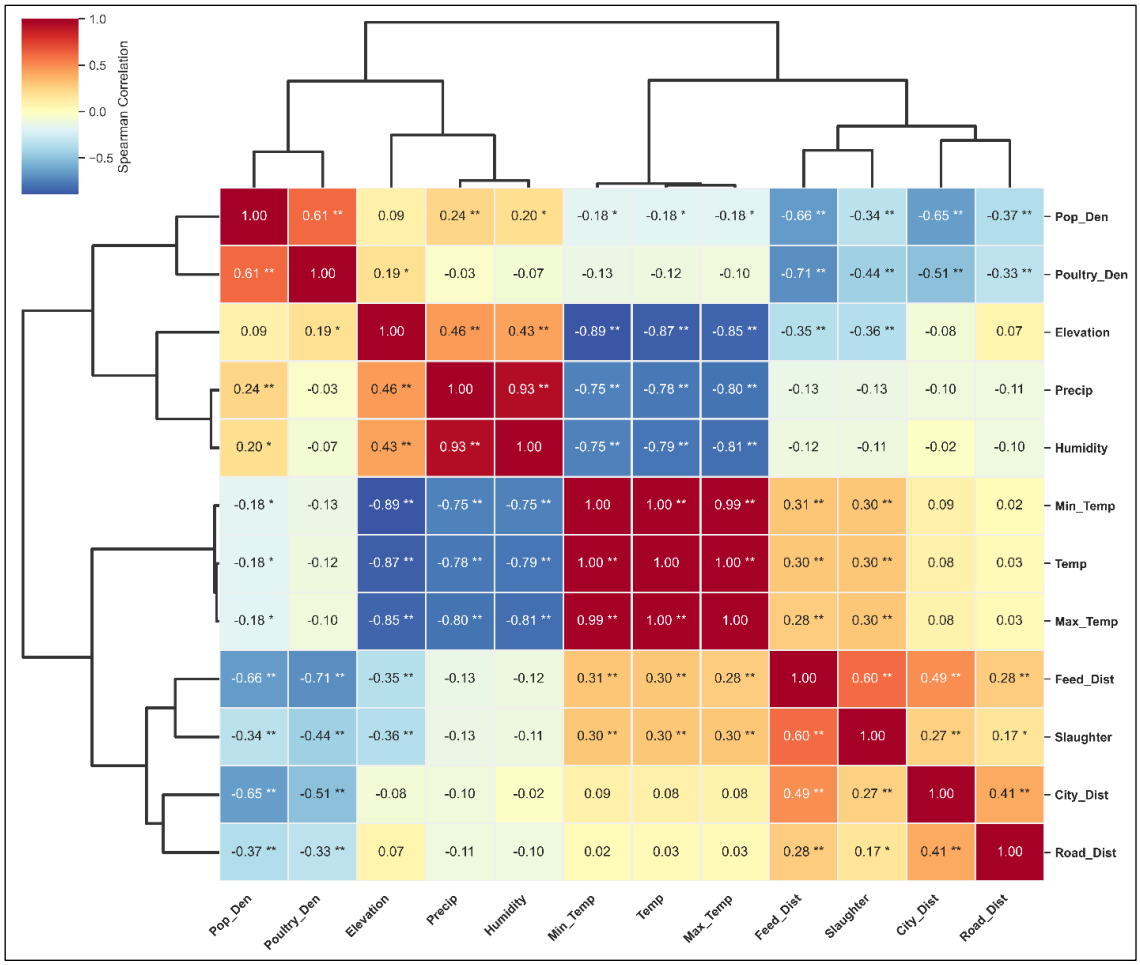



نمودار ۱. فاصله از محدوده شهر(اقلیدسی) و فراوانی مرغداری‌های صنعتی

شدت بالای همبستگی منفی با فاصله از کارخانه خوراک دام و طیور، بیانگر وابستگی شدید صنعت مرغداری به دسترسی سریع و کم‌هزینه به نهاده‌های تولید است؛ زیرا خوراک طیور سهم قابل‌توجهی از هزینه‌های تولید را تشکیل می‌دهد و نزدیکی به مراکز تأمین خوراک موجب کاهش هزینه حمل‌ونقل و افزایش بهره‌وری اقتصادی می‌شود. همچنین، رابطه منفی با فاصله از شهر و جاده نشان می‌دهد که مرغداری‌ها تمایل دارند در نزدیکی مراکز شهری و محورهای ارتباطی مستقر شوند تا امکان انتقال سریع نهاده‌ها، توزیع محصول، دسترسی به بازار مصرف و ارتباط با خدمات پشتیبان فراهم شود. این یافته‌ها با الگوهای تراکم کرنل و ساختار قطب-محور نیز همخوانی دارد؛ زیرا بخش عمده قطب‌های اصلی مرغداری استان در امتداد کریدورهای ارتباطی و پیرامون مراکز شهری شکل گرفته‌اند. علاوه براین، فاصله از کشتارگاه نیز دارای رابطه منفی و معنادار با تراکم مرغداری‌ها است (۰/۴۴-) که بیانگر اهمیت پیوندهای پسین در زنجیره تولید طیور است. قرارگیری متغیرهای «فاصله از شهر»، «فاصله از جاده»، «فاصله از کشتارگاه» و «فاصله از کارخانه خوراک دام و طیور» در یک خوشه مشترک در دندروگرام، نشان می‌دهد که زیرساخت و قابلیت دسترسی فضایی یکی از بنیادی‌ترین سازوکارهای سازمان‌دهنده ساختار فضایی صنعت مرغداری در استان محسوب می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که تراکم مرغداری‌ها با متغیرهای دمایی رابطه منفی دارد؛ به‌طوری‌که همبستگی تراکم مرغداری با میانگین بلندمدت دما برابر با ۰/۱۲- با میانگین بلندمدت کمینه دما ۰/۱۳- و با میانگین بلندمدت بیشینه دما ۰/۱۰- است. هرچند شدت این ضرایب نسبت به عوامل زیرساختی کمتر است، اما معنادار بودن آن‌ها نشان می‌دهد که افزایش دما، به‌ویژه در نواحی گرم و خشک استان، موجب کاهش مطلوبیت فضایی برای استقرار مرغداری می‌شود. همچنین، متغیر ارتفاع نیز رابطه مثبت اما ضعیف با تراکم مرغداری‌ها است (۰/۱۹-) دارد. در مقابل، متغیرهای میانگین بلندمدت بارش و رطوبت اگرچه با یکدیگر همبستگی بسیار بالایی دارند (۰/۹۳)، اما رابطه مستقیمی با تراکم مرغداری‌ها نشان نمی‌دهند و ضرایب آن‌ها به‌ترتیب ۰/۰۳- و ۰/۰۷- است. این مسئله بیانگر آن است که نقش بارش و رطوبت بیشتر به‌صورت غیرمستقیم و در تعامل با سایر عوامل محیطی و زیرساختی عمل می‌کند. با این حال، قرارگیری این دو متغیر در یک خوشه مستقل در دندروگرام، نشان می‌دهد که ساختار اقلیمی استان یکی از ابعاد مهم ناهمگنی فضایی استقرار مرغداری‌ها را تشکیل می‌دهد.

یکی دیگر از یافته‌های مهم پژوهش که در دندروگرام شکل(۷) قابل مشاهده است، آشکار شدن ساختار خوشه‌ای متغیرها و تفکیک آن‌ها به چند سامانه فضایی- عملکردی است. خوشه نخست شامل «تراکم جمعیت» و «تراکم مرغداری» است که بیانگر منطق اقتصادی و تقاضامحور استقرار فعالیت‌هاست. خوشه دوم شامل متغیرهای دمایی است که نقش محدودکننده محیطی را ایفا می‌کنند. خوشه سوم متشکل از «بارش»، «رطوبت نسبی» و «ارتفاع» است که نشان‌دهنده نقش شرایط طبیعی و اقلیمی در افزایش یا کاهش مطلوبیت محیطی است. خوشه چهارم نیز شامل متغیرهای «فاصله از شهر»، «فاصله از جاده»، «فاصله از کشتارگاه» و «فاصله از کارخانه خوراک دام و طیور» است که همگی بیانگر منطق دسترسی فضایی و زیرساختی هستند. نحوه خوشه‌بندی متغیرها در دندروگرام نشان می‌دهد که ساختار فضایی صنعت مرغداری در استان نه بر پایه یک عامل منفرد، بلکه بر اساس برهم‌کنش چندین سامانه شکل‌گرفته و حاصل تعادل میان نیروهای جذب‌کننده اقتصادی و نیروهای محدودکننده محیطی است.




شکل(۷) ضرایب همبستگی اسپیرمن و دندروگرام بین عوامل موثر بر استقرار مرغداری‌های صنعتی

مدل‌سازی عوامل موثر بر الگوی استقرار مرغداری‌های صنعتی با استفاده از مدل هاردل

به‌منظور تحلیل عوامل مؤثر بر «احتمال استقرار» و «شدت تمرکز/ تراکم» مرغداری‌های صنعتی، از مدل هاردل استفاده شد. در این مدل فرایند «استقرار یا عدم استقرار مرغداری» و «شدت تراکم در نواحی دارای مرغداری» به‌صورت دو سازوکار متفاوت اما مکمل تحلیل شوند. بر این اساس، در مرحله اول از مدل لوجیت برای سنجش احتمال استقرار مرغداری و در مرحله دوم از مدل لاگ-نرمال برای تحلیل شدت تراکم در سلول‌های دارای مرغداری استفاده شد. همچنین، به‌منظور کنترل وابستگی فضایی داده‌ها و حذف خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌ها، از رویکرد فیلترینگ فضایی مبتنی بر بردارهای ویژه موران (MESF) استفاده شد تا ساختار فضایی پنهان موجود در داده‌ها نیز در مدل لحاظ شود.

الف) مدل لوجیت: عوامل موثر بر احتمال استقرار مرغداری

بین متغیرهای رطوبت نسبی، میانگین بلندمدت بیشینه دما، میانگین بلندمدت کمینه دما، میانگین بلندمدت دما و میانگین بلندمدت بارش هم‌خطی وجود داشت که پس از حذف متغیرهای رطوبت نسبی، میانگین بیشینه دما و میانگین بلندمدت کمینه دما هم‌خطی از بین رفت. در مدل لوجیت نیازی به ورود فیلترهای بردارهای ویژه فضایی وجود نداشت. این مسئله نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل واردشده توانسته‌اند به‌تنهایی احتمال استقرار مرغداری‌ها را توضیح دهند و خودهمبستگی فضایی باقیمانده عملاً حذف‌شده است. به‌بیان‌دیگر، الگوی فضایی «استقرار یا عدم استقرار» مرغداری‌ها عمدتاً توسط عوامل محیطی و زیرساختی قابل توضیح بوده و پس از ورود این متغیرها، الگوی فضایی پنهان معناداری در باقیمانده‌ها باقی نمانده است. این موضوع یکی از نقاط قوت مدل محسوب می‌شود و نشان‌دهنده کفایت متغیرهای تبیینی در توضیح سازوکار استقرار اولیه مرغداری‌ها است.

نتایج مرحله اول مدل که با استفاده از رگرسیون لوجیت برآورد شده است، نشان می‌دهد که این بخش از مدل به‌طور معناداری توانسته است احتمال استقرار یا عدم استقرار مرغداری‌های صنعتی در سطح شبکه‌ها را تبیین کند. مقدار Pseudo $R^2$ برابر با ۰/۴۷۶

به‌دست‌آمده که برای مدل لوجیت مقدار نسبتاً مطلوبی محسوب می‌شود و بیانگر توان مناسب مدل در تبیین الگوی استقرار مرغداری‌ها است. همچنین مقدار آماره نسبت درست نمایی(Log-Likelihood) ۱۶۹۳- بدست آمد و سطح معناداری آماره نسبت درست‌نمایی کمتر از ۰/۰۰۱ است. این نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای واردشده توانسته‌اند تفاوت‌های فضایی استقرار مرغداری‌ها را به‌خوبی توضیح دهند و مدل از برازش مناسبی برخوردار است.

جدول(۱) برآورد عوامل مؤثر بر احتمال استقرار مرغداری‌های صنعتی با استفاده از مدل لوجیت

| متغیر | ضریب برآوردشده(بتا) | خطای استاندارد | آماره z | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|
| مقدار ثابت | ۳/۴۰ | ۰/۲۴۹ | ۱۳/۶ | ۰/۰۰۰ |
| تراکم جمعیت | ۴۶/۷ | ۳/۲۲ | ۱۴/۴۸ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از شهر | -۱/۱۳ | ۰/۰۹۱ | -۱۲/۵ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از جاده | -۰/۶۵ | ۰/۰۶۶ | -۹/۸۹ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از کارخانه خوراک دام | -۱/۴۱ | ۰/۰۸۰ | -۱۷/۶۸ | ۰/۰۰۰ |
| میانگین دما | -۱/۲۰ | ۰/۱۵۴ | -۷/۷۸ | ۰/۰۰۰ |
| میانگین بارش | -۱/۲۲ | ۰/۰۸۴ | -۱۴/۴۴ | ۰/۰۰۰ |
| ارتفاع | -۰/۶۸ | ۰/۱۲۰ | -۵/۶۵ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از کشتارگاه | -۰/۱۲ | ۰/۰۵۵ | -۲/۱۶۰ | ۰/۰۰۰ |

جدول ۱ نشان می‌دهد که متغیر تراکم جمعیت با ضریب بتای ۴۶/۷ قوی‌ترین اثر مثبت را بر احتمال استقرار مرغداری‌ها دارد. این یافته بیانگر آن است که مرغداری‌ها تمایل زیادی به استقرار در مجاورت پهنه‌های دارای تمرکز جمعیتی دارند؛ زیرا چنین نواحی از بازار مصرف بزرگ‌تر، نیروی کار بیشتر و خدمات پشتیبان مناسب‌تری برخوردارند. از منظر جغرافیای اقتصادی نو، این یافته بیانگر نقش نیروهای مرکزگرا و صرفه‌های انباشت ناشی از نزدیکی به بازار مصرف است. در مقابل، فاصله از شهر دارای اثر منفی و معنادار بر احتمال استقرار مرغداری‌ها است(۱/۱۳-). این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از مراکز شهری، احتمال استقرار مرغداری‌ها به‌شدت کاهش می‌یابد. همچنین فاصله از جاده(۰/۶۵-) و فاصله از کارخانه‌های خوراک دام و طیور (۱/۴۱-) نیز اثر منفی و معناداری دارند. در میان این متغیرها، فاصله از مراکز تأمین خوراک یکی از قوی‌ترین عوامل بازدارنده است و نشان می‌دهد که دسترسی به نهاده‌های تولید، یکی از مهم‌ترین منطق‌های فضایی استقرار مرغداری‌ها در استان محسوب می‌شود. به همین ترتیب، فاصله از جاده‌ها نیز با کاهش قابلیت دسترسی، احتمال استقرار را کاهش می‌دهد و نقش کلیدی شبکه حمل‌ونقل در شکل‌گیری قطب‌های تولیدی را تأیید می‌کند.

متغیرهای محیطی میانگین دما(۱/۲۰-)، بارش(۱/۲۲-) و ارتفاع(۰/۶۸-) همگی دارای اثر منفی و معنادار دارند که نقش محدودکننده مهمی در استقرار مرغداری‌ها داشته‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که نواحی دارای گرمای شدید، بارش بیشتر یا ناهمواری بالا، مطلوبیت کمتری برای استقرار مرغداری دارند. اثر منفی بارش احتمالاً ناشی از هم‌پوشانی پهنه‌های پربارش با مناطق کوهستانی شمال استان و محدودیت‌های زیرساختی آن‌ها است. همچنین فاصله از کشتارگاه دارای اثر منفی ضعیف‌تری است (۰/۱۲-) و اگرچه معنادار است، اما اهمیت آن نسبت به سایر عوامل زیرساختی کمتر ارزیابی می‌شود. بنابراین، مرحله اول مدل بیانگر منطق مکان‌گزینی فعالیت است و نقش تعیین‌کننده‌ای در احتمال استقرار یا عدم استقرار در سطح فضا دارد.

ب) مدل لاگ-نرمال: عوامل موثر بر شدت تراکم مرغداری‌ها

در مرحله دوم، تنها نواحی دارای مرغداری وارد مدل شدند تا عوامل مؤثر بر شدت تراکم و تمرکز فعالیت تحلیل شود. نتایج نشان می‌دهد که مدل لاگ-نرمال نیز از اعتبار آماری مناسبی برخوردار است. مقدار $R^2$ برابر با ۰/۲۸۶ و مقدار تعدیل‌شده آن برابر با ۰/۲۸۰ است که برای داده‌های فضایی و پراکنده مقدار قابل قبولی محسوب می‌شود. همچنین آماره F برابر با ۵۲/۷۲ و سطح معناداری کمتر از ۰/۰۰۱ بیانگر معناداری کلی مدل است. از سوی دیگر، مقدار دوربین- واتسون برابر با ۱/۹۸ به‌دست‌آمده که بسیار نزدیک به مقدار ایده‌آل ۲ است و نشان می‌دهد که پس از اعمال فیلترینگ فضایی، خودهمبستگی فضایی باقیمانده‌ها تقریباً به‌طور کامل حذف شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که مدل از برازش مطلوبی برخوردار بوده و ساختار فضایی پنهان موجود در داده‌ها به‌خوبی کنترل شده است.

جدول(۲) نتایج برآورد مدل رگرسیون لاگ-نرمال برای عوامل موثر بر شدت تراکم مرغداری‌های صنعتی

| متغیر | ضریب برآوردشده(بتا) | خطای استاندارد | آماره t | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|
| مقدار ثابت | -۶/۳۳ | ۰/۰۶۴ | -۹۸/۴ | ۰/۰۰۰ |
| تراکم جمعیت | -۰/۰۹۷ | ۰/۰۳۰ | -۳/۲ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از شهر | -۰/۷۵ | ۰/۰۹۴ | -۸/۰۱ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از جاده | -۱/۴۰ | ۰/۰۹۲ | -۱۵/۲ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از کارخانه خوراک دام | -۱/۰۲ | ۰/۰۹۱ | -۱۱/۳ | ۰/۰۰۰ |
| میانگین دما | -۰/۸۰ | ۰/۱۴۸ | -۵/۳۸ | ۰/۰۰۰ |
| میانگین بارش | -۰/۴۷ | ۰/۱۰۴ | -۰۴/۵۴ | ۰/۰۰۰ |
| ارتفاع | -۰/۶۵ | ۰/۱۱۸ | -۵/۵۱ | ۰/۰۰۰ |
| فاصله از کشتارگاه | -۰/۱۳۰ | ۰/۱۰۶ | ۱/۲۳ | ۰/۲۲۰ |

نتایج این بخش در جدول ۲ ارائه شده است که نشان می‌دهد فاصله از جاده دارای قوی‌ترین اثر منفی بر شدت تراکم مرغداری‌ها است(۱/۴۰-). این یافته بیانگر آن است که شبکه حمل‌ونقل نه‌تنها در استقرار اولیه، بلکه در شدت تمرکز فعالیت نیز نقشی تعیین‌کننده دارد. پس از آن، فاصله از کارخانه‌های خوراک دام (۱/۰۲-) و فاصله از شهر (۰/۷۵-) قرار دارند که نشان‌دهنده وابستگی شدید قطب‌های تولیدی به زیرساخت‌های دسترسی و بازار مصرف است. دما(۰/۸۰-)، شیب(۰/۶۵-) و بارش(۰/۴۷-) نیز اثرات منفی و معناداری بر شدت تمرکز دارند و بیانگر نقش محدودکننده شرایط محیطی در توسعه قطب‌های تولیدی هستند. برخلاف مرحله اول، در این بخش تراکم جمعیت دارای اثر منفی و معنادار است(۰/۰۹۶). این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه مناطق پرجمعیت احتمال بیشتری برای حضور مرغداری دارند، اما شدت تمرکز فعالیت در آن‌ها کمتر است. این وضعیت احتمالاً ناشی از افزایش قیمت زمین، محدودیت‌های محیط‌زیستی، فشارهای بهداشتی و رقابت کاربری زمین در نواحی پرجمعیت است؛ بنابراین، جمعیت در مرحله «جذب اولیه فعالیت» نقش مرکزگرا دارد، اما در مرحله «تشدید تمرکز» می‌تواند به یک عامل بازدارنده نسبی تبدیل شود. همچنین فاصله از کشتارگاه در این بخش معنادار نشده است که نشان می‌دهد نقش این عامل در تعیین شدت تمرکز، نسبت به زیرساخت‌هایی مانند جاده و خوراک دام محدودتر است.

یکی از یافته‌های مهم این بخش، ضرورت ورود ۱۱ بردار ویژه فضایی به مدل لاگ-نرمال است که از میان آن‌ها، ۷ بردار در سطح ۰/۰۵ معنادار شده‌اند. این مسئله نشان می‌دهد که شدت تمرکز مرغداری‌ها دارای ساختار فضایی پیچیده‌تری نسبت به صرف احتمال استقرار یا عدم استقرار آن‌ها است و بخشی از الگوهای فضایی توسط متغیرهای مشاهده‌پذیر قابل توضیح نیست. ورود این بردارها موجب حذف خودهمبستگی فضایی باقیمانده و افزایش اعتبار مدل شده است. بنابراین، می‌توان گفت که شکل‌گیری قطب‌های مرغداری صنعتی در استان علاوه بر عوامل محیطی و زیرساختی، تحت تأثیر سازوکارهای فضایی پنهان، اثرات سرریز منطقه‌ای و تعاملات فضایی نیز قرار دارد.

## ۵ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ناهمگنی فضایی استقرار واحدهای مرغداری صنعتی در استان خراسان رضوی حاصل برهم‌کنش هم‌زمان عوامل زیرساختی، جمعیتی و محیطی است و الگوی توزیع این فعالیت از یک منطق فضایی تصادفی تبعیت نمی‌کند، بلکه در قالب ساختاری «قطب- محور»، سلسله‌مراتبی و جهت‌دار سازمان‌یافته است. تحلیل تراکم کرنل و شاخص‌های خودهمبستگی فضایی، بیضی انحراف استاندارد و تراکم کرنل نشان داد که تمرکز فعالیت‌های مرغداری عمدتاً در امتداد محورهای مشهد-قوچان، زبرخان-فیروزه، کاشمر- خلیل‌آباد و تربت‌حیدریه- زاوه شکل‌گرفته است؛ محورهایی که از نظر دسترسی به شبکه حمل‌ونقل، بازار مصرف، زیرساخت‌های پشتیبان و پهنه‌های نسبتاً هموار دارای مزیت مکانی هستند. این الگو به‌خوبی با منطق جغرافیای اقتصادی نو همخوانی دارد؛ زیرا تمرکز فعالیت‌ها در این نواحی ناشی از غلبه نیروهای مرکزگرا، کاهش هزینه‌های مبادله و حمل‌ونقل، تقویت پیوندهای پیشین و پسین و شکل‌گیری صرفه‌های انباشت است.

نتایج تحلیل همبستگی اسپیرمن نشان داد که تراکم مرغداری‌ها بیشترین همبستگی مثبت را با تراکم جمعیت دارد که بیانگر وابستگی این فعالیت به بازار مصرف، تمرکز خدمات و زیرساخت‌های انسانی است. این یافته با نتایج پژوهش‌های شمیتانکا و گریک[1] (۲۰۲۱) و ون‌بوئکل[2] و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد که نشان داده‌اند فعالیت‌های دام و طیور تمایل دارند در مجاورت پهنه‌های دارای تمرکز جمعیتی و بازارهای مصرف استقرار یابند. در مقابل، تراکم مرغداری‌ها با فاصله از کارخانه‌های خوراک دام و طیور، فاصله از شهر و فاصله از جاده دارای همبستگی منفی و معنادار بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که صنعت مرغداری به‌شدت به قابلیت دسترسی فضایی وابسته است و نزدیکی به زیرساخت‌های حمل‌ونقل، مراکز تأمین نهاده و خدمات پشتیبان، نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری قطب‌های تولیدی دارد. این نتیجه با یافته‌های اکبردین[3] و همکاران (۲۰۱۸) و اومودله[4] و همکاران (۲۰۱۴) نیز همسو است که نقش دسترسی و زیرساخت را در تمرکز فضایی فعالیت‌های دام و طیور برجسته کرده‌اند. همچنین متغیرهای دمایی و توپوگرافی دارای همبستگی منفی با تراکم مرغداری‌ها بودند که نشان می‌دهد افزایش دما، شیب و ارتفاع از مطلوبیت فضایی برای استقرار این فعالیت می‌کاهد و بخش مهمی از ناهمگنی فضایی استقرار مرغداری‌ها را می‌توان ناشی از محدودیت‌های محیطی دانست.

برای تبیین دقیق‌تر سازوکارهای استقرار، از مدل هاردل فضایی استفاده شد که امکان تفکیک دو فرایند متفاوت «احتمال استقرار مرغداری» و «شدت تراکم مرغداری» را فراهم می‌کند. نتایج بخش اول مدل، یعنی مدل لوجیت، نشان داد که احتمال استقرار مرغداری‌ها به‌شدت تحت تأثیر عوامل جمعیتی، محیطی و زیرساختی قرار دارد. در این بخش، تراکم جمعیت دارای قوی‌ترین اثر مثبت بود و نشان داد که نزدیکی به بازار مصرف و تمرکز نیروی کار، احتمال استقرار واحدهای مرغداری را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. در مقابل، فاصله از شهر، فاصله از جاده و فاصله از کارخانه‌های خوراک دام و طیور اثر منفی و معنادار داشتند؛ به این معنا که با افزایش فاصله از زیرساخت‌ها و مراکز پشتیبان، احتمال استقرار مرغداری‌ها کاهش می‌یابد. متغیرهای دما، بارش و شیب نیز دارای اثر منفی و معنادار بودند که نشان می‌دهد شرایط محیطی نامناسب می‌تواند به‌عنوان عامل بازدارنده در مرحله شکل‌گیری و استقرار اولیه فعالیت عمل کند. در بخش دوم مدل هاردل، یعنی مدل لاگ-نرمال مربوط به شدت تراکم مرغداری‌ها در نواحی دارای فعالیت، نتایج نشان داد که متغیرهای زیرساختی مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده شدت تمرکز فضایی هستند. در این بخش، فاصله از جاده، فاصله از کارخانه‌های خوراک دام و طیور و فاصله از شهر دارای ضرایب منفی و معنادار بودند که بیانگر افزایش شدت تراکم در نواحی دارای دسترسی بهتر به شبکه حمل‌ونقل، نهاده‌های تولید و بازار مصرف است. این یافته نشان می‌دهد که پس از شکل‌گیری اولیه فعالیت، منطق کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل و دسترسی به زنجیره تأمین، نقش اصلی را در تشدید تمرکز فضایی ایفا می‌کند. همچنین متغیرهای دما، بارش و شیب دارای اثر منفی و معنادار بودند که بیانگر نقش محدودکننده شرایط محیطی در شدت تمرکز فعالیت است. در مقابل، فاصله از کشتارگاه در این مرحله معنادار نشد که نشان می‌دهد نقش آن نسبت به سایر عوامل زیرساختی محدودتر است. یکی از یافته‌های مهم پژوهش، تفاوت نقش تراکم جمعیت در دو مرحله مدل هاردل بود. درحالی‌که تراکم جمعیت در بخش لوجیت اثر مثبت و معناداری بر احتمال حضور مرغداری‌ها داشت، در بخش شدت فعالیت دارای اثر منفی شد. این نتیجه نشان می‌دهد که مرغداری‌ها تمایل دارند در مجاورت مراکز جمعیتی مستقر شوند، اما شدت تمرکز فعالیت در نواحی بسیار پرجمعیت کاهش می‌یابد؛ موضوعی که می‌تواند ناشی از افزایش قیمت زمین، محدودیت‌های محیط‌زیستی و فشار کاربری‌های شهری باشد. برآیند نتایج نشان می‌دهد که ساختار فضایی مرغداری‌های صنعتی در استان خراسان رضوی حاصل تعادل میان نیروهای مرکزگرا و مرکزگریز است. نیروهای مرکزگرا شامل نزدیکی به جاده‌ها، مراکز خوراک دام، بازار مصرف، شبکه‌های خدماتی و زیرساخت‌های پشتیبان هستند که موجب شکل‌گیری قطب‌های اصلی تولیدی شده‌اند؛ در مقابل، محدودیت‌های محیطی نظیر دمای بالا، شیب و ارتفاع، فاصله از زیرساخت‌ها و هزینه‌های حمل‌ونقل نقش نیروهای مرکزگریز را ایفا کرده و مانع از گسترش یکنواخت فعالیت در سطح استان شده‌اند. در نتیجه، فعالیت‌های مرغداری عمدتاً در نواحی متمرکز شده‌اند که بتوانند به‌طور هم‌زمان از مزیت‌های اقتصادی، دسترسی زیرساختی و شرایط محیطی مناسب بهره‌مند شوند.

با این حال، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که منطق اقتصادی تمرکز فضایی الزاماً به معنای مطلوب بودن تمرکز نامحدود فعالیت‌ها نیست. اگرچه قطب‌های مرغداری از منظر جغرافیای اقتصادی نو ساختارهایی کارآمد و اجتناب‌ناپذیر برای کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری محسوب می‌شوند، اما تمرکز بیش‌ازحد واحدهای تولیدی می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی و بهداشتی مهمی از جمله افزایش ریسک شیوع بیماری‌های واگیردار طیور، فشار بر منابع آب و تراکم آلاینده‌های زیست‌محیطی را به همراه داشته باشد. بنابراین، نتایج این پژوهش لزوماً مؤید توسعه نامحدود قطب‌های تولیدی نیست، بلکه بر ضرورت «تنظیم‌گری هوشمند» تأکید دارد. به بیان دیگر، سیاست‌گذاری در حوزه توسعه مرغداری‌های صنعتی باید از رویکردهای یکسان و مبتنی بر تقسیمات اداری فاصله گرفته و به سمت مدیریت فضایی مبتنی بر ظرفیت محیطی، استانداردهای بهداشتی، حریم‌های زیست‌محیطی و منطق عملکردی قطب‌ها حرکت کند. در چنین رویکردی، هدف نه حذف قطب‌های تولیدی، بلکه کنترل شدت تمرکز، توزیع متوازن زیرساخت‌ها و کاهش مخاطرات ناشی از تراکم بیش‌ازحد فعالیت است.

[1] - Śmietanka & Gierak
[2] - Van Boeckel
[3] - Akbardin
[4] - Omodele

این پژوهش همانند هر مطالعه دیگری با محدودیت‌هایی همراه بوده است. نخست آن‌که تحلیل‌ها مبتنی بر داده‌های مقطعی بوده و تغییرات زمانی، تحولات سیاستی و پویایی‌های بلندمدت صنعت در نظر گرفته نشده است. دوم، روابط شناسایی‌شده در تحلیل‌های همبستگی و مدل هاردل فضایی الزاماً بیانگر رابطه علّی مستقیم نیستند. سوم، به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌ها، برخی متغیرهای مهم نظیر قیمت زمین، مناطق ممنوعه زیست‌محیطی، حریم‌های بهداشتی، سیاست‌های حمایتی، ساختار زنجیره تولید و محدودیت‌های قانونی استقرار وارد مدل نشده‌اند. از این‌رو، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده با استفاده از داده‌های پانلی، مدل‌های اقتصادسنجی فضایی، آشکارساز جغرافیایی و متغیرهای نهادی و سیاستی، سازوکارهای پیچیده‌تر شکل‌دهنده الگوی استقرار مرغداری‌های صنعتی بررسی شود تا زمینه برای تدوین سیاست‌های فضایی کارآمدتر در حوزه امنیت غذایی، محیط‌زیست و برنامه‌ریزی منطقه‌ای فراهم گردد.

## References

Akbardin, J., Parikesit, D., Riyanto, B., & Mulyono, A. T. (2018). The influence of highway transportation infrastructure condition toward commodity production generation for the resilience needs at regional internal zone. In e3s web of conferences, 31. 07002. EDP Sciences.

Asaadi, M. A., Najafi Alamdarlo, H., Mosavi, S. H., Ehsani, A., & Zamani, O. (2024). Productivity of Arian Broiler Industry in Kurdistan Province: Integrating ANP and DAMATEL Methods. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 26(2), 259-272.

Brakman, S., & Garretsen, H. (Eds.). (2005). Location and competition (p. 34). New York, USA/Canada: Routledge.

Combes, P., Mayer, T., & Thisse, J. (2008). Economic geography: The integration of regions and nations. Princeton University Press.

de Castro Victoria, D., da Silva, R. F. B., Millington, J. D., Katerinchuk, V., & Batistella, M. (2021). Transport cost to port though Brazilian federal roads network: Dataset for years 2000, 2005, 2010 and 2017. Data in brief, 36, 107070.

Duan, X., Yu, X., Lu, D., & Nipper, J. (2010). The study of new economic geography of Krugman and its significance. *Acta Geographica Sinica*, 65(2), 131-138.

Dupas, M. C., Pinotti, F., Joshi, C., Joshi, M., Thanapongtharm, W., Dhingra, M., ... & Fournié, G. (2024). Spatial distribution of poultry farms using point pattern modelling: A method to address livestock environmental impacts and disease transmission risks. PLoS Computational Biology, 20(10), e1011980.

Erdaw, M. M., & Beyene, W. T. (2022). Trends, prospects and the socio-economic contribution of poultry production in sub-Saharan Africa: a review. *World's Poultry Science Journal*, 78(3), 835-852.

Fengru, C., & Guitang, L. (2019). Analytical framework of microcosmic GPN studies. Global value chains and production networks: Case studies of Siemens and Huawei. Academic Press, London, 41-68.

Gan, L., & Hu, X. (2016). The pollutants from livestock and poultry farming in China—geographic distribution and drivers. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(9), 8470-8483.

Garrett, R. D., Lambin, E. F., & Naylor, R. L. (2013). The new economic geography of land use change: Supply chain configurations and land use in the Brazilian Amazon. *Land use policy*, 34, 265-275.

Gierak, A., & Śmietanka, K. (2021). The impact of selected risk factors on the occurrence of highly pathogenic avian influenza in commercial poultry flocks in Poland. *Journal of veterinary research*, 65(1), 45.

Hailu, G., & James Deaton, B. (2016). Agglomeration effects in Ontario's dairy farming. American *Journal of Agricultural Economics*, 98(4), 1055-1073.

He, Q., Zhang, J., Wang, L., & Zeng, Y. (2020). Impact of agricultural industry agglomeration on income growth: Spatial effects and clustering differences. Transformations in Business & Economics, 19(3), 486–507

Head, K., & Mayer, T. (2004). The empirics of agglomeration and trade. In Handbook of regional and urban economics, 4, 2609-2669.

Iqbal, M., Lukosaityte, D., Munir, M., & Nair, V. (2019). Meeting Report: Global Alliance for Research on Avian Diseases 2018, International Conference, January 17 to 19, 2018, Hanoi, Vietnam. Avian Diseases, 63(1s), 268-274.

Kleyn, F. J., & Ciacciariello, M. (2021). Future demands of the poultry industry: will we meet our commitments sustainably in developed and developing economies? *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 267-278.

Koo, J. (2005). Technology spillovers, agglomeration, and regional economic development. *Journal of Planning Literature*, 20(2), 99-115.

Liu, L., Shih, Y. C. T., Strawderman, R. L., Zhang, D., Johnson, B. A., & Chai, H. (2019). Statistical analysis of zero-inflated nonnegative continuous data. *Statistical Science*, 34(2), 253-279.

Mabire-Yon, R. (2025). Hurdle Models in Psychology—A Practical Guide for Inflated Data. *International Journal of Psychology*, 60(3), e70042.

Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *World's poultry science journal*, 73(2), 245-256.

Najib, H., & Khalid, A. M. (2024). The Role of Poultry Production on Food Security in Saudi Arabia. In Food and Nutrition Security in the Kingdom of Saudi Arabia, *National Analysis of Agricultural and Food Security*,1, 159-179.

Nijkamp, P., Kourtit, K., Krugman, P., & Moreno, C. (2024). Old wisdom and the New Economic Geography: Managing uncertainty in 21st century regional and urban development. *Regional Science Policy & Practice*, 16(10), 100124.

Okabe, A., Satoh, T., & Sugihara, K. (2009). A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS-based tool. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(1), 7-32.

Okubo, T. (2011). Ricardian comparative advantage and geographical concentration. *Review of Development Economics*, 15(4), 620-637.

Omodele, T., Okere, I. A., Deinne, C. E., & Oladele-Bukola, M. O. (2014). GIS delineation of factors responsible for spatial distribution of poultry meat production in the Niger Delta: a case study of Delta State, Nigeria. *Livestock Research for Rural Development*, 26(11), 2014.

Pawłowska, J., & Sosnówka-Czajka, E. (2019). Factors affecting chick quality in Poland. *World's Poultry Science Journal*, 75(4), 621-632.

Poultry Affairs Management Department, Khorasan Razavi Agricultural Organization. (2025). Khorasan Razavi Agricultural Organization [In Persian].

Ricoy, C. J. (2018). Cumulative Causation. In The New Palgrave Dictionary of Economics, 2523-2532. Palgrave Macmillan, London.

Robert-Nicoud, F. (2006). Agglomeration and trade with input–output linkages and capital mobility. Spatial Economic Analysis, 1(1), 101-126.

Sang-II Lee, M. A. (2001). Spatial Association Measures for an ESDA- GIS Framework: Developments, Significance Test, and Application to Spatio- Temporal Income Dynamics of U.S. Labor Markets Areas, 1969- 1999.

Schmid, M. K., & Bernhardt, H. (2021). Simulation of milk logistics in small-structured milk production areas in southern Germany. American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., & Moloudi, H. (2024). Investigation of environmental, energy and economic indicators of the turkey breeding farm: a case study in West Azarbaijan and Zanjan, Iran. Environment, *Development and Sustainability*, 26(9), 24221-24245.

Toulemonde, E. (2006). Acquisition of skills, labor subsidies, and agglomeration of firms. *Journal of Urban Economics*, 59(3), 420-439.

Van Boeckel, T. P., Thanapongtharm, W., Robinson, T., D'Aietti, L., & Gilbert, M. (2012). Predicting the distribution of intensive poultry farming in Thailand. Agriculture, *ecosystems & environment*, 149, 144-153.

Venables, A. J. (2009). Rethinking economic growth in a globalizing world: An economic geography lens. *African Development Review*, 21(2), 331-351.

Xu, Q., Boonchai, P., & Boonlua, S. (2025). Spatiotemporal Dynamics of Domestic Tourist Flows and Tourism Industry Agglomeration in the Yangtze River Delta, China. *Tourism and Hospitality*, 6(4), 204.

Yan, B., Shi, W., Yan, J., & Chun, K. P. (2017). Spatial distribution of livestock and poultry farm based on livestock manure nitrogen load on farmland and suitability evaluation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 180-186.

Zhang, Y., Li, W., Li, Z., Yang, M., Zhai, F., Li, Z., ... & Li, H. (2022). Spatial distribution characteristics and influencing factors of key rural tourism villages in China. *Sustainability*, 14(21), 14064.