

# Методика количественной оценки и алгоритм анализа согласованности структур пространственно-распределенных больших городских систем на основе фрактальных карт

Ю. К. Евдокимов<sup>1</sup>, С. А. Старокожев<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия

<sup>2</sup>Московский гуманитарно-технологический университет – Московский архитектурно-строительный институт, Москва, Россия  
\*s.a.starokozhev@yandex.ru

**Аннотация.** Эффективность функционирования современных городов зависит от уровня развития и связности больших пространственно-распределенных систем, таких как городская застройка, улично-дорожная сеть, инженерные и информационно-коммуникационные сети. Согласованность структур таких систем будет непосредственно влиять на доступность для жителей инфраструктурных объектов. Структуры городских ПРС развиваются под влиянием природных, исторических и антропогенных факторов, демонстрируя признаки статистического самоподобия, характерные для стохастических фрактальных объектов. Поэтому применение методов фрактальной геометрии к исследованию динамики развития и самоорганизации городских ПРС имеет значительный потенциал в области планирования и моделирования трансформации городских территорий. Классические подходы фрактального анализа ориентированы на изучение общих закономерностей и глобальных характеристик ПРС на городском уровне. Такие данные полезны для стратегического и тактического планирования, но для формирования объективной картины на уровне внутригородских территориальных единиц их недостаточно. Для преодоления этого ограничения предлагается выполнить пространственную дискретизацию исследуемой ПРС и получить двумерную карту пространственных фрактальных данных, которые можно эффективно картографировать. В развитие к картограммам, реализованным в методе DCFA, предлагается технология построения картосхем, отражающих распределение количественных оценок фрактальной размерности в исследуемой городской ПРС. Для количественной оценки согласованности предлагается использовать карту различий между пространственными данными исследуемых систем. Также предложена процедура вычисления эффективного ряда размеров ячеек для реализации алгоритма box-counting. Приведен пример анализа согласованности улично-дорожной сети и городской застройки для Зеленограда по предложенной методике.

**Ключевые слова:** распределенные большие системы, фрактальная размерность, фрактальная карта, фрактальные картограммы, фрактальные картосхемы, согласованность систем, метод box-counting

**Для цитирования:** Евдокимов Ю.К., Старокожев С.А. Методика количественной оценки и алгоритм анализа согласованности структур пространственно-распределенных больших городских систем на основе фрактальных карт // Прикладная информатика. 2026. Т. 21. № 3. С. 28–44. DOI: 10.37791/2687-0649-2026-21-3-28-44.

© Евдокимов Ю.К., Старокожев С.А., 2026.

DOI: 10.37791/2687-0649-2026-21-3-28-44

Research article

# Procedure for quantitative assessment and algorithm for analyzing consistency between structures of large spatially distributed urban systems based on fractal maps

**Yu. Evdokimov<sup>1</sup>, S. Starokozhev<sup>2\*</sup>**<sup>1</sup>Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia<sup>2</sup>Moscow University of Humanities and Technology – Moscow Institute of Architecture and Construction, Moscow, Russia

\*s.a.starokozhev@yandex.ru

**Abstract.** The effectiveness of modern cities' functioning depends on the level of development and connectivity of large spatially distributed systems, such as built-up spaces, road networks, engineering infrastructures, and information-communication networks. The consistency of structures of these systems directly affects residents' access to infrastructure facilities. Urban SDS structures evolve under the influence of natural, historical, and anthropogenic factors, demonstrating signs of statistical self-similarity characteristic of stochastic fractal objects. Therefore, applying methods from fractal geometry to study the dynamics of development and self-organization of urban SDS has significant potential for planning and modeling transformations of city territories. Classical approaches of fractal analysis are focused on studying general patterns and global characteristics of SDS at the city-wide scale. Such data is useful for strategic and tactical planning but insufficient for forming an objective picture at the intra-city territorial units level. To overcome these limitations, it is proposed to perform spatial discretization of the studied SDS and obtain two-dimensional maps of spatial fractal data that can be effectively mapped. Building upon the cartograms implemented in the DCFA method, a technology for creating schematic maps is proposed, which reflect the distribution of quantitative assessments of fractal dimensionality in the studied urban SDS. For quantitatively assessing consistency, a difference map between spatial datasets of the investigated systems is suggested. Additionally, a procedure for calculating an effective sequence of cell sizes for implementing the box-counting algorithm is presented. An example of analyzing the coherence between road networks and urban development in Zelenograd using the proposed procedure is provided.

**Keywords:** distributed large systems, fractal dimension, fractal map, fractal cartograms, fractal schematic maps, system consistency, box-counting method

**For citation:** Evdokimov, Yu., & Starokozhev, S. (2026). Procedure for quantitative assessment and algorithm for analyzing consistency between structures of large spatially distributed urban systems based on fractal maps. *Journal of Applied Informatics*, 21(3), 28–44. <https://doi.org/10.37791/2687-0649-2026-21-3-28-44>

© Evdokimov Yu., Starokozhev S., 2026.

## Введение

**Ж**изнеспособность современного городского организма определяется функционированием ряда сложных взаимосвязанных пространственно-распределенных систем, таких

как инженерные и информационно-коммуникационные сети, транспортные системы и застройка. Под пространственно-распределенной системой (ПРС) будем понимать систему, состоящую из множества географически распределенных