

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ ФРАКТАЛЬНОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МАРШРУТАМ РЕГУЛЯРНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГА

А.О. Тишкова¹, Н.Н. Якунин²

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹e-mail: zvezdynasty8@mail.ru

²e-mail: Yakunin-N@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования состоит в повышении эффективности регулярных пассажирских автомобильных перевозок в городе Оренбурге на базе оценки пассажиропотоков с использованием теории фрактальности.

Актуальность исследования. Актуальность исследования определена недостаточностью имеющихся принципов и методов для формирования оптимальных маршрутов регулярных пассажирских автомобильных перевозок и необходимостью поиска новых путей, позволяющих систематизировать маршрутно-транспортную сеть города.

Методы исследования. Методы исследования базируются на теории транспортных процессов, математической статистики и фрактальной теории. В качестве основного показателя, используемого для применения фрактального анализа, принят пассажиропоток по остановочным пунктам города.

Основные результаты. Основные результаты свидетельствуют о том, что применение фрактального анализа позволяет оптимизировать маршрутно-транспортную сеть города Оренбурга, выявлять и устранять недостатки в маршрутно-транспортной сети. Результаты могут быть применены для совершенствования имеющихся маршрутов регулярных пассажирских автомобильных перевозок города Оренбурга и при формировании новых маршрутов с целью оценки их эффективности и значимости.

Ключевые слова: фрактальный анализ, фрактал, регулярные пассажирские автомобильные перевозки, маршрутно-транспортная сеть, пассажиропотоки.

Для цитирования: Тишкова А.О., Якунин Н. Н. Развитие теории фрактальности применительно к маршрутам регулярных пассажирских перевозок на примере города Оренбурга // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 2. – С. 119-124.

DEVELOPMENT OF THE THEORY OF FRACTALITY AS APPLIED TO REGULAR PASSENGER TRAFFIC RULES USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF ORENBURG

A.O. Tishkova¹, N.N. Yakunin²

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹e-mail: zvezdynasty8@mail.ru

²e-mail: Yakunin-N@yandex.ru

Abstract. Purpose. The research objective consists in increase in efficiency of regular passenger automobile traffic in the city of Orenburg on the basis of assessment of passenger traffics with use of the theory of fractality.

Relevance of probe. The relevance of probe is defined by insufficiency of the available principles and methods for formation of optimum routes of regular passenger automobile traffic and need of search of the new ways allowing to systematize route and transport network of the city.

Probe methods. Methods of probe are based on the theory of transport processes, mathematical statistics and the fractal theory. As the key indicator used for application of the fractal analysis it is accepted passenger exchange on stopping points of the city.

Main results. The main results demonstrate that application of the fractal analysis will allow to optimize route and transport network of the city of Orenburg, to reveal and eliminate defects of route and transport network. Results can be applied to improvement of the available routes of regular passenger automobile traffic of the city of Orenburg and when forming new routes for the purpose of assessment of their efficiency and the importance.

Keywords: Fractal analysis, fractal, regular passenger automobile traffic, route and transport network, passenger traffics.

Cite as: Tishkova A.O., Yakunin N.N. (2019) [The development of the theory of fractality as applied to regular passenger traffic routes using the example of the city of Orenburg]. *Intellekt. Innovatsi. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments]. Vol. 2, p. 119-124.

Введение

Существует множество методов и принципов, на которых основывается формирование транспортной сети городов и построение маршрутов регулярных пассажирских автомобильных перевозок. В настоящее время широко применяется логистический подход к организации регулярных пассажирских автомобильных перевозок и оказанию транспортных услуг. Но постепенно принципы и методы такого подхода начинают устаревать, и их становится недостаточно для формирования оптимальных маршрутов перевозок. Фрактальный анализ позволит по-новому взглянуть на уже имеющиеся транспортные сети и выявить возможности их оптимизации.

Целью работы является повышение эффективности регулярных пассажирских автомобильных перевозок в городе Оренбурге на базе оценки пассажиропотоков с использованием теории фрактальности.

Объектом исследования выступают регулярные пассажирские автомобильные перевозки.

Предмет исследования состоит в оценке существующих маршрутов перевозок в городе Оренбурге с позиции теории фрактальности.

Гипотезой исследования является предположение о возможности повышения эффективности регулярных пассажирских автомобильных перевозок с помощью фрактального анализа существующих маршрутов перевозок.

Теоретическо-методический подход

Теоретической базой для проведения исследования [5, 3, 8], является фрактальная теория и методы математической статистики. Изначально, фрактальный анализ выступал лишь в качестве теории. Теория бесконечной вложенности материи, или фрактальная теория — в противоположность атомизму это альтернативная философская, физическая и космологическая теория, не входящая в стандартные академические области науки [1, 6]. Она основывается на индуктивных логических выводах о строении наблюдаемой Вселенной.

Основываясь на данной теории Бенуа Мандельброт открыл фрактальную геометрию. Она демонстрирует принцип структурирования материи в пространстве и создаёт почву для точного прогноза любых процессов [2].

Фрактальный анализ основывается на использовании принципов и методов фрактальной геометрии, которая описывает упорядоченный хаос природы и демонстрирует принцип бесконечного вложения самоподобных структур друг в друга на

основе простых математических соотношений [1, 2, 4].

Выделяется несколько фрактальных принципов, соответствие которым позволяет проводить фрактальный анализ той или иной системы. Такими принципами являются: самоподобие, непрерывность развития, многослойность, иерархичность и функциональность исследуемой системы.

Центральной идеей фрактальной теории является самоподобие как природных феноменов, так и социокультурных явлений, динамика которых раньше считалась хаотической. Самоподобие означает, что в рамках системы некоторые ее участки разного масштаба повторяют конфигурацию системы в целом [5]. Любой фрактал может быть представлен как визуализация некоторого алгоритма, набора математических процедур, имеющих характер последовательных итераций (многократных повторений заданных операций).

Фрактал (от лат. *fractus*, «сломанный, разбитый») — это бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба. В основе фрактала лежит очень простая идея: бесконечное по красоте и разнообразию множество фигур можно получить из относительно простых конструкций при помощи всего двух операций — копирования и масштабирования [6].

Маршрутно-транспортная сеть города удовлетворяет всем фрактальным принципам, что свидетельствует о возможности применения метода фрактальной геометрии к маршрутно-транспортной сети города Оренбурга. Этот метод поможет структурировать проблему, реорганизовать транспортную систему и управлять бесконечным процессом развития с учетом принципов непрерывности формообразования [8, 9, 10].

Вся маршрутно-транспортная сеть состоит из отрезков пути маршрутов, или отрезков тех улиц, по которым проходят маршрутные сети. То есть фракталом, или самоподобной фигурой при проведении анализа будет являться отрезок пути.

Как и любой анализ, фрактальный анализ проводится в несколько этапов (рисунок 1).

На первом этапе определяются параметры, по которым объект анализа будет делиться на фракталы разных масштабов. Выбор параметров зависит от их влияния на объект анализа. Целесообразно выделить такого параметра, который в наибольшей степени характеризует объект анализа в целом. На примере маршрутно-транспортной сети города в качестве параметра может выступать пассажиропоток.

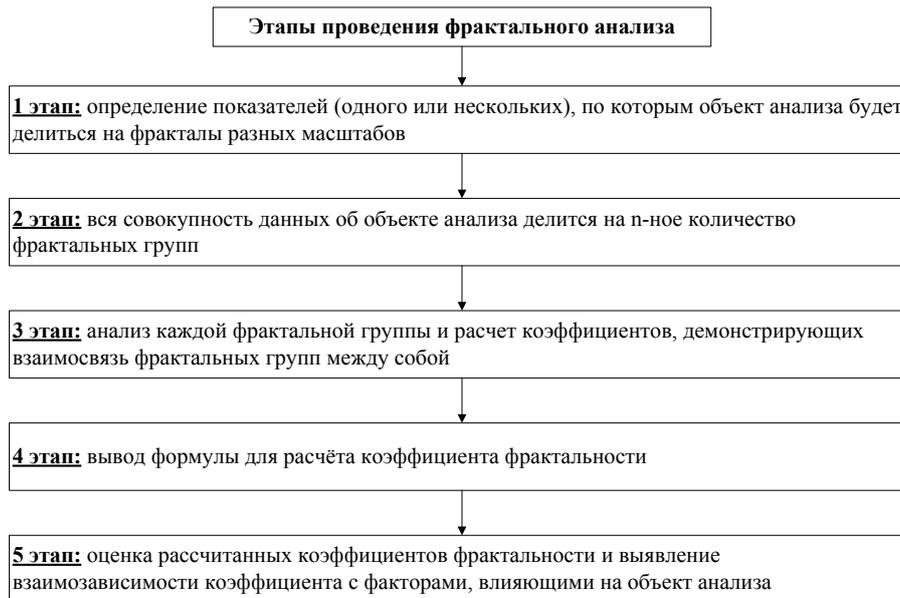


Рисунок 1. Этапы проведения фрактального анализа

На втором этапе выделяется n -ное количество фрактальных групп, в зависимости от выбранного параметра. При формировании фрактальных групп используется статистический метод деления выборки на группы. С помощью формулы 1 определяется количество фрактальных групп.

$$K = 1 + 3,3 \ln n \quad (1)$$

Затем, определяются границы каждой фрактальной группы, на основе имеющейся совокупности значений выбранного параметра.

Третий этап включает в себя анализ каждой фрактальной группы и расчет коэффициентов, демонстрирующих взаимосвязь фрактальных групп между собой. Внутри каждой группы рассчитывается среднее значение выбранного параметра. А взаимосвязь групп, выявляется из отношения среднего числа параметра каждой последующей группы к первой группе. Коэффициент первой группы всегда берется равным единице, так как она является самой значимой. А коэффициенты последующих групп показывают значимость каждой группы относительно первой. Коэффициенты рассчитываются по формуле 2:

$$K_n = \frac{\bar{x}_n}{\bar{x}_1} \quad (2)$$

где,

\bar{x}_n – коэффициент n -ной фрактальной группы;
 \bar{x}_n – среднее значение параметра n -ной фрактальной группы;
 \bar{x}_1 – среднее значение параметра первой фрактальной группы.

Четвертый этап проведения фрактального анализа состоит в выводе формулы для расчёта коэффициента фрактальности с учетом коэффициентов каждой фрактальной группы. Общий вид формулы выглядит следующим образом (формула 3).

$$K_{\text{фракт.}} = \sum_{i=1}^n K_n \cdot a_n \quad (3)$$

где

a_n – доля n -ной фрактальной группы на выбранном участке анализа;

K_n – коэффициент n -ной фрактальной группы.

Пятый этап основан на оценке выведенной формулы для расчета коэффициента фрактальности и на её применении к объекту анализа.

Результаты

Пользуясь формулой 1, выделено 4 фрактальных группы. Для этого случайным образом выбрано 40 остановочных пунктов города Оренбурга и определен пассажирооборот на каждом из остановочных пунктов за сутки. Сформирована совокупность значений, в которой остановочные пункты указаны в порядке убывания значения указанного параметра. Найдено наибольшее и наименьшее значение показателей и определены границы интервалов (рисунок 2).

Максимальное значение пассажирообмена равно 8785 человек в сутки, а минимальное равно 86 человек в сутки, что задает размах выборки значений. Совокупность значений поделена на равные группы: интервал первой группы находится в пределах значений от 5100 человек в сутки до 8785,

интервал второй группы – от 2700 человек в сутки до 5100, интервал третьей группы – от 560 человек в сутки до 2700, интервал четвертой группы – от 86 человек в сутки до 560.

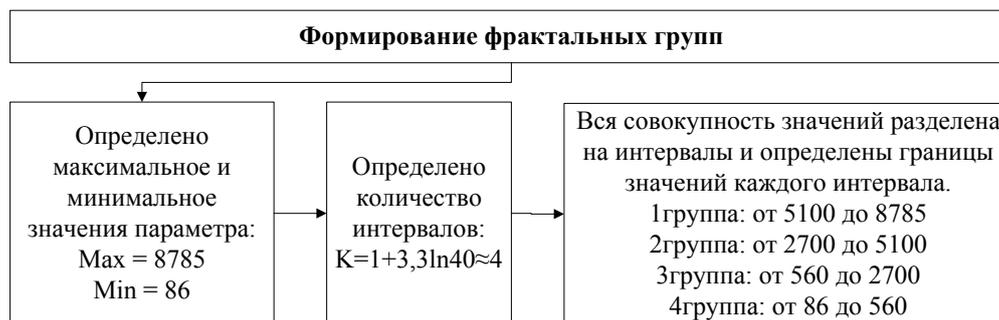


Рисунок 2. Формирование фрактальных групп

Расчет коэффициентов каждой фрактальной группы на примере города Оренбурга представлен в таблице 1.

Таблица 1. Расчет коэффициентов фрактальных групп

Номер группы	Среднее арифметическое значение пассажирообмена	Значение коэффициента
1	6123	1
2	3132	0,51
3	790	0,13
4	127	0,02

Таким образом, значимость второй группы относительно первой оценивается в 51 %, значимость третьей группы в 13 % и значимость четвертой группы всего в 2 %.

По результатам расчетов коэффициентов групп выведена формула для расчёта коэффициента фрактальности, который может быть использован для оценки эффективности каждого регулярного маршрута. Полученные значения коэффициентов подставлены в общий вид формулы (формула 3).

Формула для расчета коэффициента фрактальности маршрутов города Оренбурга имеет вид (формула 4):

$$K_{\text{фракт.}} = a_1 + 0,51 \cdot a_2 + 0,13 \cdot a_3 + 0,02 \cdot a_4 \quad (4)$$

где

a_1, a_2, a_3, a_4 – отношение протяженности участков улиц каждой фрактальной группы к общей протяженности маршрута пассажирских перевозок.

Коэффициент фрактальности рассчитывают по участкам, которые включают в себя части выделенных фрактальных групп.

Обсуждение и заключение

Из полученных расчетов следует, что наибольшую экономическую эффективность маршрутам регулярных пассажирских перевозок приносят улицы первой фрактальной группы с коэффициентом 1, так как они имеют наибольший пассажиропоток. Улицы

второй фрактальной группы с коэффициентом 0,51 добавляют 51 % эффективности, так как их пассажиропоток наполовину меньше пассажиропотока улиц первой группы. Улицы третьей фрактальной группы с коэффициентом 0,13 добавляют 13 % эффективности. Улицы четвертой фрактальной группы с коэффициентом 0,02 обладают минимальной эффективностью в 2 %, и имеют минимальный пассажиропоток относительно улиц других групп [6].

Анализируя полученную зависимость, можно утверждать, что:

- подтверждено предположение о возможности использования фрактального анализа для повышения эффективности регулярных пассажирских автомобильных перевозок;

- наиболее выгодными с экономической точки зрения являются маршруты, проходящие по улицам первой фрактальной группы и далее по мере убывания коэффициента фрактальных групп. Однако такое решение должно иметь существенные ограничения по показателям качества и безопасности перевозок, загруженности улично-дорожной сети.

Полученную зависимость можно использовать для оценки эффективности вновь вводимых маршрутов. С учетом ограничений по показателям качества и безопасности маршруты должны быть расположены на улицах всех четырех фрактальных групп.

Использование полученной формулы позволит повысить эффективность регулярных пассажирских автомобильных перевозок.

Литература

1. Будянский П. С. Фрактальная геометрия в экономике / П. С. Будянский, О. Н. Сафонова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2011. – № 1 (1). – С. 37-42.
2. Верхошанская Р. Н. Фрактальная геометрия как принцип структурирования среды современного города / Р. Н. Верхошанская, М. А. Тараканова // Дизайн-ревью. – 2011. – № 1-2. – С. 86-93.
3. Высоцкая А. А. Методы управления улично-дорожной сетью и оказание качественных государственных услуг / А. А. Высоцкая // Известия Иркутской государственной экономической академии. – 2008. – № 5. – С. 75-78.
4. Городков А. В. Фрактальная геометрия города (урбанистические и культурологические аспекты) / А. В. Городков // В сборнике: Проблемы и тенденции развития социокультурного пространства России: история и современность. – Брянский государственный инженерно-технологический университет; под редакцией Т. И. Рябовой, 2016. – С. 207-215.
5. Журова М. С. Перспективные предложения транспортной модели города Екатеринбурга / М. С. Журова, Л. П. Холодова // Том 1. Новые идеи нового века. – УралГАХА, Екатеринбург, Россия, 2012. – С. 463-467.
6. Петров А. И. Фрактальная концепция оптимизации маршрутной системы городского общественного транспорта / А. И. Петров, Е. С. Ташланов // Автотранспортное предприятие. – 2013. – № 5. – С. 30-35.
7. Ташланов Е. С. Критерии определения иерархии структуры фрактала маршрутной сети общественного транспорта крупнейших городов // В сборнике: Транспортные и транспортно-технологические системы Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюменский государственный нефтегазовый университет, Уральское межрегиональное отделение Российской академии транспорта. – 2013. – С. 180-185.
8. Смирнова Е. С. Фрактальная геометрия и ее возможности в науке и образовании / Е. С. Смирнова // Новая наука: От идеи к результату. – 2015. – № 6-2. – С. 130-133.
9. Хорев И. В. Фрактальная геометрия: области применения и перспективы развития / И. В. Хорев. – ООО «ПроЭксперт», Пермь, 2015. – С. 173-181.
10. Шаров М. И. Управление транспортным спросом как средство снижения нагрузок на улично-дорожную сеть / М. И. Шаров // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2013. – № 10 (113). – С. 89-92.

References

1. Budyansky, P.S. (2011) [Fractal geometry in economy]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, networks in economy, the equipment, the nature and society]. Vol. 1 (1), pp. 37-42. (In Russ.)
2. Verkhoshanskaya, R.N. (2011) [Fractal geometry as principle of structuring environment of the modern city]. *Dizayn-revyu* [Design revue]. Vol. 1-2, pp. 86-93. (In Russ.)
3. Vysotskaya, A.A. (2008) [Methods of management of a street road network and rendering high-quality public services]. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii* [News of the Irkutsk state economic academy]. Vol. 5, pp. 75-78. (In Russ.)
4. Gorodkov, A.V. (2016) [Fractal geometry of the city (urbanistic and culturological aspects)]. *V sbornike: Problemy i tendentsii razvitiya sotsiokul'turnogo prostranstva Rossii: istoriya i sovremennost'* [In the collection: Problems and trends of development of sociocultural space of Russia: history and present]. Bryansk state engineering and technological university; under T.I. Ryabova's edition, pp. 207-215. (In Russ.)
5. Zhurova, M.S. (2012) [Perspective offers of transport model of the city of Yekaterinburg]. *Novyye idei novogo veka* [New ideas of a new century]. Yekaterinburg, pp. 463-467. (In Russ.)
6. Petrov, A.I. (2013) [Fractal concept of optimization of a route system of city public transport]. *Avtotransportnoye predpriyatiye* [Motor transportation enterprise]. Vol. 5, pp. 30-35. (In Russ.)
7. Tashlanov, E.S. (2013) [Criteria of determination of hierarchy of structure of a fractal of route network of public transport of the largest cities]. *V sbornike: Transportnyye i transportno-tekhnologicheskiye sistemy Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [In the collection: Transport and transport and technological systems Materials of the International scientific and technical conference]. Tyumen State Oil and Gas University, Ural interregional office of the Russian academy of transport, pp. 180-185. (In Russ.)
8. Smirnova, E.S. (2015) [Fractal geometry and its opportunities in science and education]. *Novaya nauka: Ot idei k rezul'tatu* [New science: From the idea to result]. Vol. 6-2, pp. 130-133. (In Russ.)
9. Horev, I.V. (2015) *Fraktal'naya geometriya: oblasti primeneniya i perspektivy razvitiya* [Fractal geometry: scopes and prospects of development]. Perm: LLC Proekspert, pp. 173-181.