

DOI 10.46320/2077-7639-2025-01-134-101-106

Фрактальный анализ в исследовании производственных систем

Головина А.Н., Малек Т.И.

В данной статье рассматривается применение фрактального анализа в контексте изучения производственных систем. Основываясь на принципах фрактальной геометрии, этот метод позволяет глубже понять сложные процессы, возникающие в производственной среде. В работе обсуждаются различные методики фрактального анализа, их роль в оценке динамики производственных процессов, а также потенциал выявления нестабильностей в системах и управления ими. Перечислены основные параметры фрактального анализа. Отмечены наиболее актуальные организационные свойства фрактального производства и выделены их признаки. Особое внимание уделяется практическим примерам применения фрактальных коэффициентов для оптимизации производственных процессов и увеличения их эффективности. Полученные результаты исследования показывают, что фрактальный подход значительно улучшает качество анализа и прогнозирования ключевых показателей производственной деятельности предприятий.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Головина А.Н., Малек Т.И. Фрактальный анализ в исследовании производственных систем // Дискуссия. – 2025. – Вып. 134. – С. 101–106.

ГОСТ 7.1-2003

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Фрактальный анализ, производственные системы, фрактальная геометрия, динамика процессов, оптимизация, управление нестабильностью, экономическая эффективность.

Fractal analysis in the study of production systems

Golovina A.N., Malek T.I.

This article discusses the application of fractal analysis in the context of the study of production systems. Based on the principles of fractal geometry, this method allows for a deeper understanding of complex processes occurring in the production environment. The paper discusses various fractal analysis techniques, their role in assessing the dynamics of production processes, as well as the potential for detecting and managing system instabilities. The main parameters of fractal analysis are listed. The most relevant organizational properties of fractal production are noted and their features are highlighted. Special attention is paid to practical examples of the use of fractal coefficients to optimize production processes and increase their efficiency. The obtained research results show that the fractal approach significantly improves the quality of analysis and forecasting of key indicators of industrial activity of enterprises.

FOR CITATION

Golovina A.N., Malek T.I. Fractal analysis in the study of production systems. *Diskussiya [Discussion]*, 134, 101–106.

APA

KEYWORDS

Fractal analysis, production systems, fractal geometry, process dynamics, optimization, instability management, economic efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Современная промышленность сталкивается с множеством сложных задач, требующих детального анализа и понимания как структурных, так и функциональных особенностей производственных систем. В этом отношении фрактальный анализ представляет собой ценное средство для исследования и моделирования сложных производственных процессов. Фракталы, известные своими свойствами самоподобия и бесконечной сложности, находят применение в самых различных сферах – от биологии до финансов. Их использование в анализе производственных систем открывает новые возможности для оптимизации процессов и повышения эффективности работы. В данной статье мы погрузимся в ключевые аспекты фрактального анализа, рассмотрим методические подходы и конкретные

примеры его применения в сфере производства. Мы обсудим, как концепция фракталов может быть полезна для диагностики и прогнозирования поведения сложных систем, а также для выявления взаимосвязей между различными элементами производственного процесса. Кроме того, проанализируем возможные преимущества и ограничения использования фрактального анализа в условиях современного промышленного производства, а также его роль в создании более адаптивных и устойчивых производственных систем [1].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

В настоящее время производственные системы становятся все более сложными и адаптивными. Для эффективного управления ими необходимо применять современные методики

и технологии анализа. Одним из таких методов является фрактальный анализ. Этот подход позволяет рассматривать производственные системы как объекты с иерархической структурой и разнообразными взаимосвязями на различных уровнях. В данной главе мы исследуем сущность фрактального анализа, его ключевые характеристики и возможности применения этого метода для изучения производственных систем [4].

В основе фрактального анализа лежит принцип самоподобия, который касается объектов, где мелкие структуры напоминают крупные. Применение этого подхода в производственных системах помогает выявить повторяющиеся паттерны, которые могут оставаться скрытыми при использовании традиционных методов. Основные идеи фрактального анализа включают:

1. **Самоподобие.** В различных элементах производственных систем, таких как процессы, структуры и потоки ресурсов, можно наблюдать одинаковую организацию на разных уровнях. Это открывает возможности для оптимизации процессов с использованием масштабируемых моделей.

2. **Неопределенность и хаос.** Производственные системы подвержены влиянию множества как внутренних, так и внешних факторов. Фрактальный анализ способствует выявлению влияния неупорядоченных и хаотичных компонентов на общую эффективность системы.

3. **Сложность.** Часто производственные системы имеют сложную структуру, состоящую из множества взаимосвязанных элементов. Фрактальный анализ помогает глубже понять эти взаимодействия на различных уровнях, что позволяет обойти ограничения упрощенных моделей [6].

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

При выполнении фрактального анализа в области производственных систем необходимо учитывать несколько ключевых аспектов [7]:

1. **Фрактальная размерность.** Этот показатель отражает степень сложности изучаемого объекта. В рамках производственных систем фрактальная размерность может служить индикатором разнообразия процессов и потоков, существующих в системе.

2. **Коэффициенты самоподобия.** Эти коэффициенты позволяют оценить, насколько элементы системы повторяются на различных уровнях. Высокие значения коэффициентов могут свидетельствовать о наличии устойчивых структур

и процессов, что может быть полезно для оптимизации управлений решений.

3. **Динамика изменений.** Фрактальный анализ также включает в себя изучение изменений во времени. Понимание динамики фрактальных характеристик производственной системы может способствовать прогнозированию её поведения в ответ на внешние изменения или внутренние факторы.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Фрактальный анализ находит применение в различных аспектах управления производственными системами [5]:

1. **Оптимизация процессов.** Используя фрактальные подходы, можно выявить и оптимизировать узкие места в процессах, построив более эффективные алгоритмы управления потоками ресурсов.

2. **Моделирование и симуляция.** Фрактальные модели могут использоваться для создания более точных симуляций производственных процессов, что значительно упрощает процесс прогнозирования и планирования.

3. **Управление рисками.** Понимая фрактальные свойства системы, можно разработать более эффективные стратегии управления рисками, используя свои знания о самоподобных структурах для предсказания потенциальных проблем.

4. **Анализ производительности.** Фрактальный анализ может помочь в оценке производительности различных элементов системы, выявляя скрытые зависимые связи и факторы, способствующие или препятствующие достижению целей.

Вследствие чего производственные системы могут повысить свою эффективность, при условии применения фрактального анализа для выявления скрытых закономерностей в процессах и для оптимизации ресурсов.

Таким образом, это позволит более точно прогнозировать возможные сбои и выявлять проблемные места системы, координируя планирование ее процессов и их управление. В результате система становится более адаптивной и устойчивой к изменениям, что ведет к сокращению издержек, а также нарастанию её производительности [10].

Фрактальный анализ представляет собой мощный инструмент для исследования и оптимизации производственных систем, позволяя выявлять скрытые закономерности и структуры, которые могут быть неочевидны при традиционных методах анализа. Используя концепции

фрактальной геометрии, специалисты могут моделировать сложные процессы, такие как распределение ресурсов, потоки материалов и динамику процессов управления. Например, фрактальные модели могут помочь в определении оптимальных уровней запасов, минимизируя затраты и уменьшая время простоя. Кроме того, применение фрактального анализа способствует выявлению и устранению узких мест в производственной цепочке, а также позволяет более точно прогнозировать поведение системы в различных условиях. Таким образом, внедрение фрактального анализа в производственные системы не только повышает их эффективность, но и способствует созданию более адаптивных и устойчивых бизнес-процессов [11], [12].

Исходя из них авторами были выявлены следующие организационные свойства фрактального производства (рисунок 1): автономность, ауторегуляция, направленность, непрерывность, автоподобие.

Каждый элемент иллюстрированной диаграммы служит представлением отдельной структурной концепции, причем каждый элемент представляет собой уникальную особенность.

Автономия – это состояние ума. В рамках своих обязанностей каждая производственная единица (фрактал) является самоуправляемой и имеет право определять свои собственные действия. Благодаря этому вы сможете реагировать на внешнюю среду и потребности предприятия в режиме реального времени. Задачи каждого фрактала требуют также уникальных способностей и ресурсов, основанных на их индивидуальных особенностях и компетенциях.

Фрактальная производственная система характеризуется способностью адаптироваться, адаптироваться к рыночным условиям и противостоять изменениям на рынке, что делает ее высокоэффективной и устойчивой к изменениям рыночной среды.

Проявления характеристик системы сопровождаются набором последующих мер, направленных на управление ее важными компонентами для достижения целей системы (таких как обеспечение ресурсами и организацией, координация деятельности, взаимоотношения и взаимодействие между заинтересованными сторонами).



Рисунок 1. Организационные свойства фрактального производства

Источник: составлено автором по данным: [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фрактальный анализ представляет собой мощный инструмент для исследования и оптимизации производственных систем. Также он позволяет выявлять сложные динамические процессы, неочевидные проблемы и возможности для улучшения. Вследствие этого, будущее применение фрактального анализа в производственной сфере будет направлено на дальнейшее усовершенствование методов и технологий для до-

стижения более высокой эффективности и устойчивости производственных систем. Понимание фрактальных свойств, а также производственных систем позволяет улучшить их эффективность, мобильность и устойчивость к изменениям. Поэтому следует ожидать дальнейшего развития методов фрактального анализа, что, безусловно, окажет непосредственное влияние на теорию и практику управления производственными системами.

Список литературы

1. Байдаков, А. Н., Назаренко, А. В. Прогностическое обеспечение управления аграрными экономическими системами: фрактальный подход // Аграрный вестник Северного Кавказа. – 2014. – № 1 (13). – С. 69-75.
2. Байдаков, А. Н., Назаренко, А. В. Фрактальный подход в управлении экономическими системами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 83. – С. 467-487.
3. Гамалей, Я. В. Фрактальный анализ динамики показателей экономики региона / Я. В. Гамалей // π-Economy. – 2008. – № 5 (64). – С. 73-79.
4. Гамалей, Я. В. Фрактальный анализ и прогнозирование денежных потоков // π-Economy. – № 5 (64). – 2008. – С. 211-219.
5. Головина, А. Н. Фрактально-многипликативный подход к экономическому исследованию промышленных предприятий / А. Н. Головина // Вестник Академии знаний. – 2023. – № 6(59). – С. 135-137.
6. Горлачева, Е. Н. Фрактальный подход в организации производства / Е. Н. Горлачева, Т. В. Тихомирова // Инновации в менеджменте. – 2022. – № 1(31). – С. 26-33.
7. Ешугова, С. и др. Фрактальные методы в управлении развитием предприятий агропромышленного комплекса // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2012. – № 2. – С. 244-248.
8. Жуликова, О. В. Фрактальные формы экономического развития / О. В. Жуликова, П. П. Жуликов // Экономика образования. – 2015. – № 1. – С. 107-111.
9. Кривоносова, Е. К., Первадчук, В. П. Применение фрактального анализа к исследованию динамики Макроэкономических показателей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная математика и механика. – 2013. – № 11. – С. 48-55.
10. Кривоносова, Е. К., Первадчук, В. П. Использование фрактального подхода для анализа стабильности многоуровневых структур // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2013. – № 1. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-fraktalnogo-podhoda-dlya-analiza-stabilnosti-mnogourovnevyh-struktur>.
11. Николаев, М. В. О свойстве самоподобия (фрактальности) экономической системы и его влиянии на ход рыночных преобразований // Журнал экономической теории. – 2005. – № 3. – С. 125.
12. Новикова, Н. Б. Фрактальные методы и концепция экономически минимальных производственных систем в управлении инновациями // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. – 2011. – № 2. – С. 162-166.
13. Шайбакова, Л. Ф. Российский опыт оценки инновационного потенциала и активности промышленных предприятий / Л. Ф. Шайбакова // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2012. № 6 (44). – С. 93-101.
14. Мандельброт, Б. Б. Фрактальная геометрия: что это такое и для чего она используется? // Труды Лондонского королевского общества. А. Математические и физические науки. – 1989. – Т. 423. – № 1864. – С. 3-16.

References

1. Baydakov, A. N., Nazarenko, A. V. Predictive management of agrarian economic systems: a fractal approach // Agrarian Bulletin of the North Caucasus. – 2014. – № 1 (13). – Pp. 69-75.
2. Baidakov, A. N., Nazarenko, A. V. Fractal approach in management of economic systems // Polymathematical online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2012. – № 83. – Pp. 467-487.
3. Gambaley, Ya. V. Analytical analysis of the dynamics of the republic's economic indicators / Ya. V. Gambaley // Pi-economics. – 2008. – № 5 (64). – Pp. 73-79.
4. Gamalei, Ya. V. Analytical analysis and regulation of cash flows / Ya. V. Gamalei // pi-economics. – № 5 (64). – 2008. – Pp. 211-219.
5. Golovina, A. N. Fractal-multiplicative approach to economic research of industrial enterprises / A. N. Golovina // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2023. – № 6(59). – Pp. 135-137.
6. Gorlacheva, E. N. Fractal approach in the organization of production / E. N. Gorlacheva, T. V. Tikhomirova // Innovations in management. – 2022. – № 1(31). – Pp. 26-33.
7. Yeshugova, S. et al. Fractal methods in managing the development of agro-industrial enterprises // Bulletin of the Adygea State University. Series 5: Economics. – 2012. – № 2. – Pp. 244-248.
8. Zhulikova, O. V. Fractal forms of economic development / O. V. Zhulikova, P. P. Zhulikov // Economics of education. – 2015. – № 1. – Pp. 107-111.
9. Krivonosova, E. K. Pervadchuk, V. P. Application of fractal analysis to the study of the dynamics of macroeconomic indicators // Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied mathematics and mechanics. – 2013. – № 11. – Pp. 48-55.
10. Krivonosova, E. K., Pervadchuk, V. P. Using a fractal approach to analyze the stability of multilevel structures // Bulletin of PNRPU. Mechanical engineering, materials science. – 2013. –

- № 1. – [Electronic resource]. – Operating mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-fraktalnogo-podhoda-dlya-analiza-stabilnosti-mnogourovnyh-struktur>.
11. Nikolaev, M. V. On the property of self-similarity (fractality) of the economic system and its influence on the course of market transformations // Journal of Economic Theory. – 2005. – № 3. – P. 125.
12. Novikova, N. B. Fractal methods and the concept of economically minimal production systems in innovation management // Bulletin of the South Russian State Technical University (NPI).
- Series: Socio-economic sciences. – 2011. – № 2. – Pp. 162-166.
13. Shaibakova, L. F. Russian experience in assessing the innovative potential and activity of industrial enterprises / L. F. Shaibakova // Proceedings of the Ural State University of Economics. – 2012. № 6 (44). – Pp. 93-101.
14. Mandelbrot, B. B. Fractal geometry: what is it and what is it used for? / Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences. – 1989. – Vol. 423. – № 1864. – Pp. 3-16.

Информация об авторах

Головина А.Н., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятий Уральского государственного экономического университета (г. Екатеринбург, Российская Федерация).

Малек Т.И., соискатель кафедры экономики предприятий Уральского государственного экономического университета (г. Екатеринбург, Российская Федерация).

© Головина А.Н., Малек Т.И., 2025.

Information about the authors

Golovina A.N., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Enterprise Economics, Ural State University of Economics (Yekaterinburg, Russian Federation).

Malek T.I., applicant of the Department of Enterprise Economics, Ural State University of Economics (Yekaterinburg, Russian Federation).

© Golovina A.N., Malek T.I., 2025.