

УДК 624.04

**КОНЦЕПЦИЯ ФРАКТАЛЬНОГО
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ГОРОДСКОЙ
СРЕДЕ***Кравченко Г. М., Пуданова Л. И.*

Донской государственный технический
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

galina.907@mail.ruLpudanova@yandex.ru

Рассматривается концепция формирования естественной городской среды на базе принципов фрактальной геометрии. Приведены примеры фрактального формообразования в городской среде. Представлены созданные авторами программы для ЭВМ, позволяющие моделировать уникальную городскую структуру с применением фрактальных принципов роста. Показано, каким образом при формировании городской сети используются плоские фрактальные структуры на основе мандалы. Разработана 3D-модель такого участка городской среды.

Ключевые слова: фрактал, плоский фрактал, 3D-моделирование фрактала, фрактальная структура, городская среда, городская структура.

Введение. Архитектура города представляет собой систему, обладающую фрактальными свойствами, которые следует учитывать при проектировании новых объектов. Сложная фрактальная структура описывается специфическими алгоритмами или наборами математических процедур [1–6]. Фракталом в общем смысле можно назвать фигуру, обладающую какими-либо из перечисленных ниже свойств:

- нетривиальность структуры,
- самоподобие,
- самоорганизация,
- дробная метрическая размерность.

Городскую сеть можно представить как особую, естественно сложившуюся непрерывную фрактальную структуру, развивающуюся по определенным параметрическим законам в пространстве и времени [7–9].

Объектом данного исследования является дорожно-транспортная сеть, созданная на основе разработанных авторами фрактальных принципов проектирования градостроительной системы. Предполагается, что подчинение и воспроизведение хаоса фрактальной геометрии способствует созданию комфортной, естественной для человека среды обитания.

Основная часть. Территориальное планирование агломераций призвано максимизировать синергетический эффект от взаимодействия частей городской системы. Для грамотного расположе-

UDC 624.04

**FRactal Shaping Concept
in the Urban Environment***Kravchenko G. M., Pudanova L. I.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

galina.907@mail.ruLpudanova@yandex.ru

This paper concentrates on the main concept of shaping of the natural urban environment based on the fractal geometry. The examples of fractal shaping in urban environment are given. The authors have developed an innovative program to model a unique urban structure with the use of fractal principles of growth. The paper shows a flat fractal structure based on mandala in the modeling process of the city network. The 3D model of the developing site is presented.

Keywords: fractal, flat fractal, 3D fractal modeling, fractal structure, urban environment, urban structure.

ния населенных пунктов и элементов городской застройки необходимо применять принципы фрактальной геометрии.

При формировании фрактальной городской сети дополнительно принимается следующая терминология:

— аксиома – начальная структура, являющаяся основой для дальнейшего развития планировки города или его части;

— правило – закон изменения аксиомы, который закрепляется за аксиомой и повторяется на каждой последующей итерации в зависимости от исходных данных.

Правило может быть изменено при планировке растущего города или его части.

С давних времен применяются принципы фрактальной геометрии, а именно: самоподобие, самоорганизация и масштабирование. Математик и теоретик архитектуры Никос Салингарос отмечает, что средневековые города Европы имели фрактальную систему пешеходных коммуникаций. Математик Рон Эглэш изучает фрактальные принципы в структуре древних поселений и в традиционной архитектуре народов Африки. Застройка древнего поселения на острове Сардиния, состоящая в плане из окружностей разного диаметра, имеет сходство с фрактальным объектом «Сеть Аполлона»: мелкие окружности заполняют пустоты между крупными (рис. 1).



Рис. 1. Поселение Су-Нуракси-ди-Барумини, Сардиния (ок. XV в. до н. э.)

Аксиомой здесь является крепость, а правило – образование новых самоподобных фрактальных элементов (окружностей). По этому правилу структура развивалась во времени и пространстве.

Основными свойствами фрактальных структур в планировке города являются:

- иерархичность,
- способность к развитию и движению (генетичность),
- непрерывность,
- одновременно хаотичность и упорядоченность.

Фрактальная структура города соответствует системе расселения, функциональным и композиционным задачам, историческим традициям, знаково-информационным и природно-географическим условиям [10, 11].

Для реализации принципов фрактального формообразования при моделировании городской среды авторы разработали компьютерные программы: «3D-моделирование фрактала» [12, 13], «Внешняя структура фрактального множества» [14–16], «Внутренняя структура фрактального множества» [17].

Создан фрагмент городской структуры с применением фрактальных принципов формообразования. Итоговым результатом моделирования фрактальной структуры является конечная сеть из дорог, тропинок и свободного пространства, которое может использоваться для различных целей.

Концепция фрактального формообразования нового города призвана обеспечить комфортную среду обитания, оптимизировать дорожно-транспортную систему, разработать различные сценарии развития структуры города.

Для создания дорожно-транспортной и пешеходной сетей используется программа «Внутренняя структура фрактала». Варьирование плоских фракталов различной сложности и исследование их эндоструктур позволили разработать уникальную систему территориального планирования.

Район застройки сформирован по принципу мандалы. В древнеиндийском градостроительстве мандала играла роль территориального элемента — модуля застройки. Индийский историк Д. Сингх называет мандалу протоидеей, лежащей в основе понимания и создания многих вещей, в том числе проектирования жилищ и городов (рис. 2) [18].

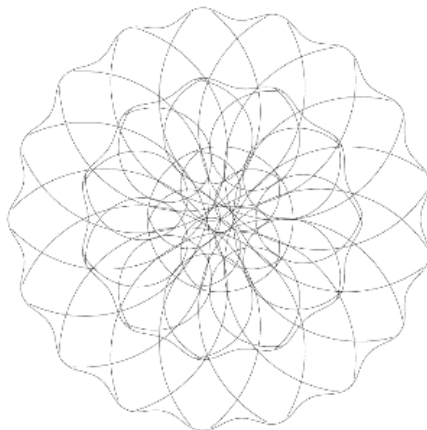


Рис. 2. Фрактальная структура городской сети

Богатая символика мандалы включает идею упорядочения жизни, а сооружения, созданные по этому принципу, выполняют активную коммуникативную функцию.

Вокруг строений внутри фрактальной структуры предусмотрено открытое пространство, что позволяет обеспечить доступ ко всем входам в здание. Габариты аллей, дорог, троп, площадок, рисунков и материал их покрытий, форма и пропорции элементов соответствуют общему композиционному решению объекта и закономерностям построения пейзажа. 3D-модель планируемого участка городской сети представлена на рис. 3.

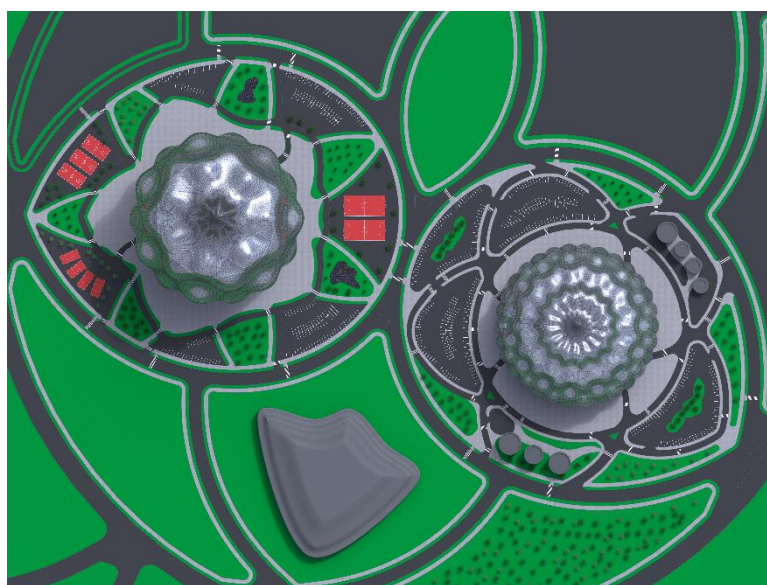


Рис. 3. 3D-модель участка городской структуры

Заключение. От большинства известных методик предлагаемая концепция отличается тем, что она может быть реализована в уникальной программной среде.

Развитие города по фрактальной схеме — это естественный процесс. Его моделирование представляет собой попытку прогнозирования с целью оптимальной планировки города и его районов. Концепция фрактального формообразования города основана на фрактальной теории или геометрии, описывающей феномены, не рассматриваемые в Евклидовой геометрии.

Город — это естественно сложившаяся фрактальная структура, составляющие которой также обладают фрактальными свойствами. Фрактальная архитектура является уникальной сложной системой, поведение которой схоже с поведением развивающегося живого организма.

Библиографический список

1. Mandelbrot, B. *The Fractal Geometry of Nature* / B. B. Mandelbrot. — New York ; Oxford : W. H. Freeman and Company, 1982. — 468 p.
2. Мандельброт, Б. Фракталы и хаос. Множество Мандельброта и другие чудеса / Б. Мандельброт. — Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. — 392 с.
3. Frame, M. L. *Fractals, Graphics and Mathematical Education* / M. L. Frame, B. B. Mandelbrot // *Fractals. Complex Geometry, Patterns, and Scaling in Nature and Society*. — 2003. — Vol. 11, № 1. — P. 125–127.
4. Peitgen, H. O. *The beauty of fractals* / H. O. Peitgen, P. H. Richter. — Heidelberg : Springer-Verlag, 1986. — 184 p.
5. Морозов, А. Д. Введение в теорию фракталов / А. Д. Морозов. — Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2006. — 162 с.
6. Волошин, А. В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства / А. В. Волошин // *Синергетическая парадигма*. — Москва : Прогресс-Традиция, 2002. — 495 с.
7. Schumacher, P. *Parametricism : A New Global Style for Architecture and Urban Design* / P. Schumacher // *Architectural Design*. — 2009. — Vol. 79, is. 4, *Digital Cities : special is.* — P. 14–23.
8. Jencks, Ch. *The New Paradigm in Architecture* / Ch. Jencks. — London ; New Haven : Yale University Press. — 2002. — 228 p.
9. Кравченко, Г. М. Параметрическая архитектура / Г. М. Кравченко, С. Э. Васильев, Л. И. Пуданова // *Концепции устойчивого развития науки в современных условиях : сб. ст. Междунауч.-практ. конф. 28 июня 2017 г., Екатеринбург. В 2 ч. Ч. 2.* — Уфа : Омега Сайнс, 2017. — С. 264–267.
10. Кропанева, Е. А. Оценка архитектурных качеств среды города на основе фрактальных структур : автореф. дис. ... магистр. архитект. / Е. А. Кропанева. — Екатеринбург, 2009. — 9 с.
11. Колясников, В. А. Современная теория и практика градостроительства: территориальное планирование городов / В. А. Колясников. — Екатеринбург : Архитектон, 2010. — 505 с.
12. Кравченко, Г. М. 3D моделирование фрактала : св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ / Г. М. Кравченко, С. Э. Васильев, Л. И. Пуданова ; Донской государственный технический университет. — №2017610058 Рос. Федерация : заяв. № 2016661918 от 08.11.16 ; зарегистр. 09.01.17.
13. Кравченко, Г. М. Моделирование фракталов / Г. М. Кравченко, С. Э. Васильев, Л. И. Пуданова // *Инженерный вестник Дона*. — 2016. — № 4. — 13 с.
14. Кравченко, Г. М. Внешняя структура фрактального множества : св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ / Г. М. Кравченко, С. Э. Васильев, Л. И. Пуданова ; Донской государственный технический университет. — № 2017615949 Рос. Федерация : заяв. № 2017612565 от 30.03.17 ; зарегистр. 26.05.17.



15. Kravchenko, G. Modeling the External Structure of a Fractals [Электронный ресурс] / G. Kravchenko // Earth and Environmental Science. — October 2017. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/320834110_Modeling_the_External_Structure_of_a_Fractals (дата обращения: 02.12.19).

16. Kravchenko, G. The fractal Mandelbrot set and the shaping of the 3D fractal / G. Kravchenko, L. Pudanova // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 4. — 9 с.

17. Внутренняя структура фрактального множества : св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ / Г. М. Кравченко, С. Э. Васильев, Л. И. Пуданова ; Донской государственной технической университет. — № 2017616613 Рос. Федерация : заяв. № 2017613444 от 17.04.17 ; зарегистр. 09.06.17.

18. Сингх, Д. Системная основа развития древнеиндийских поселений / Д. Сингх // Наука и общество. Человеческие поселения. — 1986. — № 3. — С. 27–37.