

На правах рукописи



Исмаил Халед Д. Альдин

**ФРАКТАЛЬНЫЕ ПОСТРОЕНИЯ В КОМПОЗИЦИИ
АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ
(НА ПРИМЕРЕ ПАМЯТНИКОВ ИСЛАМСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ)**

Специальность 05.23.20 - Теория и история архитектуры, реставрация и
реконструкция историко-архитектурного наследия.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата архитектуры

Барнаул - 2013

Работа выполнена в институте архитектуры и дизайна ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» на кафедре «Архитектура и дизайн»

Научный руководитель: доктор архитектуры, профессор
Поморов Сергей Борисович

Официальные оппоненты: **Шубенков Михаил Валерьевич**
доктор архитектуры, профессор,
ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)»,
проректор по развитию профессионального образования

Полещук Максим Николаевич
кандидат архитектуры, профессор,
негосударственное некоммерческое высшее учебное заведение «Международный Славянский институт», заведующий кафедрой «Дизайн среды»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Защита состоится 25 июня 2013 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.124.02 на базе ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)» по адресу: 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д.11/4, корп. 1, стр.4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт (государственная академия)».

Автореферат разослан 25 мая 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат архитектуры



С.В. Клименко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современная теория архитектуры все больше приобретает междисциплинарный характер. Применение компьютерных технологий, концепции нелинейной динамики, новых направлений в математике открывает новые возможности в архитектурном формообразовании и одновременно расширяет инструментарий анализа архитектурного наследия. Междисциплинарный подход в проектной практике и теории архитектуры обладает большим эвристичным потенциалом, но имеет и ряд не решенных проблем. В частности, существует проблема «перевода» новых научных знаний на язык архитектурной науки. В русле этих поисков и лежит данная работа, что актуализирует исследование.

Теория архитектуры активно использует иконологический, семантический и другие методы изучения исторического наследия. Все больший интерес у различных исследователей во многих странах мира вызывает метод, основанный на теории фрактальной геометрии. Пока в этом направлении делаются первые шаги, и поэтому разработка и уточнение фрактальных подходов в изучении архитектуры прошедших эпох является актуальной задачей теории архитектуры. Цифровые технологии позволяют обеспечить применение принципов фрактальной геометрии в анализе архитектурных объектов, что помогает раскрыть сущностные моменты морфогенеза в архитектуре, имеющие черты сходства с генетическими принципами формообразования в биологии и кристаллографии. Важно отметить, что открытия в этой сфере, уже неоднократно подтвержденные исследователями из России и других стран, имеют значение не только с точки зрения теоретических изысканий, но в практической сфере. Принципы формообразования на микро-, мезо- и макро-уровнях в различных природных системах, универсальные структурные принципы организации прочных и легких конструкций, создаваемых по фрактальным закономерностям в архитектуре все шире применяются в архитектурной практике. Однако, до сих пор системных теоретических работ в данном направлении не создано. Настоящая работа стремится внести посильный вклад в формирование теории фрактального анализа архитектурных объектов, что позволяет использовать принципы фрактальной геометрии в проектной практике и изучении архитектурной композиции зданий, особенно объектов культурного наследия. Этим и обосновывается актуальность настоящего исследования.

Степень разработанности проблемы. В настоящий момент вместе с традиционными исследованиями по истории исламской архитектуры усиливается работа по теоретическому осмыслению культурного наследия стран исламского региона, что нашло свое отражение в работах таких авторов как Бечховер В. и Бовилл К. (Bechhoefer W. & Bovil C., 1994) и Бен-Хамуче М. (Ben-Hamouche M., 2011), и данная работа требует поиска новых подходов.

Одной из главных тем в теории архитектуры является тема гармонии и обнаружение законов, способствующих органичному соединению природного окружения и памятников архитектуры. Эта проблема уже была освещена в трудах Салиньгароса Н.А. (Salingaros N., 2001), Шевелева И.Ш. (1990), Добрицыной И.А. и Азизян И.А. (2000) и др. Фрактальная геометрия может оказать здесь значительную помощь в решении данного вопроса.

В проектировании современных зданий и анализе мирового архитектурного наследия следует отметить работы Бабич В.Н. (2010), Дженкса Ч. (2003), Остволда М. (Ostwald M., 2001).

В отношении исламской архитектуры предпринимаются попытки анализа с опорой на методы фрактального анализа, как в работе Альмукарам А.М. (AL-Mukaram A.M., 2008), Раймонда Ф. (Raymond F., 2009) и Салиньгароса Н.А. (Salingaros N., 2001) и др. Учитывая результаты этих работ, стоит заметить, что еще не была сформулирована и обоснована важная тема в теории анализа архитектуры – формирование многоуровневого фрактального анализа, чему во многом посвящена настоящая работа.

В рамках поставленных в работе задач целесообразно дать оценки уже предпринятым попыткам фрактального анализа памятников архитектуры в трудах таких ученых, как Бовилл К. (Bovil C., 1996), Лоренс В.Е. (Lorenz W., 2003), что в русскоязычной научной литературе предпринимается впервые.

Следует указать на труды, посвященные проблемам теории архитектурной композиции, как российских ученых Кринский В.Ф. (1962), Иконников А.В. (1985), Степанов А.В. (1993), Сапрыкина Н.А. (2003) и др., так и зарубежных авторов Франсис Д.К. Чинг (Francis D.K. Chin, 2010), Салингарос Н.А. (Salingaros N.A., 1999, 2006), Дженкс Ч. (Jencks, Ch., 1997) и др. В них заложены фундаментальные основы композиционного анализа.

Следует отметить степень изученности фрактальности и особенностей фрактальной геометрии, в том числе и применительно к теории архитектуры. Основопологающей здесь является работа Б. Мандельброта «Фрактальная геометрия природы» (1977), которая получила широкую популярность в мире. В

данной работе рассматриваются первые примеры обнаруженных в XIX веке самоподобных множеств с необычными математическими свойствами, такие как множество Кантора, множество Жуля и другие. Начало истории изучения фракталов и их свойств в природных и биологических системах, в антропологии рассматриваются в работах таких авторов как Федер Е. (1988), Исаева В.В. и Касьянов Н.В. (2006) и др. Результаты их исследований учитываются при формировании концептуального ядра настоящего исследования. Следующий комплекс исследований, особо ценный для данной работы касается проблем фрактальной геометрии и архитектуры. Комплексные вопросы в области теории использования фрактальной геометрии в архитектуре различных архитектурных стилистических течений и культурных регионов изучаются в работах следующих исследователей: Бабич В.Н. и Кремлев А.Г. (2010), Исаева В.В. и Касьянов Н.В. (2006), Салингарос Н. (Salingaros N., 2006), Мухаммади Г. (Mohammadi G., 2004), Добрицына И.А. (2004) и Иконников А.В. (1979, 2001). Изучение творческого освоения фрактальности, влияние фрактальной геометрии на развитие архитектора и художника, возможностей использования фрактальной размерности в архитектурном морфогенезе рассматриваются в работах таких известных архитекторов и ученых, как Бовилл К. (Bovill C., 1996, 2000), Лоренс В. (Lorenz W., 2003), Ибрагим М. (Ibrahim M., 2006), Альмукарам А.М. (Al-Mukaram A.M., 2008), Кропанева Е.А. (2009) и Кравченко М.П. (2010). Результаты исследований по фрактальности и ее проявление в европейском искусстве и архитектуре раскрываются в работах Бабича В.Н. (2010), Дженкса, Ч. (2003), Азизян И.А. (2000), Исаевой В.В. и Касьянова Н.В. (2006). Комплексным исследованиям вопросов, касающихся фрактальности в исламском искусстве и архитектуре, разъяснению роли фрактальности в анализе структур исламского искусства, архитектуры и городской среды посвящены в работы Петера Дж.Лю. и Павела Дж. (Peter J. Lu, и Paul J., 2007), Абдельтифа М. (Abdeltif M., 2009), Бечхофер В. и Бовилла К. (Bechhoefer W. & Bovil C., 1994), Эдисона А.С. (Addison A., 1994), Рювена Б.К., (2008-2011). Проблемы обнаружения моделей фрактальности, их структурного подобия с памятниками архитектуры, рассматриваются в работах таких исследователей, как Мандельброт Б. (1977), Исаева В.В. (2006), Бабич В.Н. и Кремлев А.Г. (2010), Азевич А.И. (2008), Риддл Л. (Riddle L., 2010), Александров П.С. (1977), Лузин Н.Н. (1948), Дмитриев А. (2001) и Ибрагим М. (Ibrahim M., 2006). Комплексные вопросы в области фрактального анализа архитектурных объектов исследуются в работах как Бовилла К. (Bovill C., 1996), Лоренса В. (Lorenz W., 2003),

Бечхофер В. и Бовилла К. (Bechhoefer W.& Bovil C., 1994), Альмукарам А.М. (AL-Mukaram A.M., 2008) и др.

Проблема исследования может быть сформулирована следующим образом – значительность культурного наследия исламской архитектуры и недостаточная разработанность аналитических подходов к ее изучению и раскрытию системы художественно-выразительных средств требуют разработки новых подходов и методов анализа. Одновременно это открывает возможность использовать в современной архитектурной практике замечательный опыт прошлого.

Гипотеза исследования. Теория фрактальности и фрактальная геометрия предоставляют средства композиционного анализа памятников архитектуры, а также позволяют сформировать аналитический подход, помогающий раскрыть специфику формообразования памятников исламской архитектуры, выявить новые характеристики, адаптировать опыт зодчества прошлого в современном архитектурном и градостроительном проектировании.

Цель исследования - выявить проявления свойств фракталов в композиции архитектурных объектов на примере памятников исламской архитектуры и разработать методику композиционного анализа с использованием теории фракталов.

Для достижения данной цели требуется решить ряд **задач**:

1. Осуществить проблемно-теоретический анализ трудов архитекторов и ученых естественнонаучного профиля по теме диссертационного исследования;
2. Провести исследование по выявлению фрактальных качеств в композиционных решениях архитектурных объектов;
3. Выявить наиболее распространенные типы, методы создания и характеристики фрактальных моделей и показать проявление им подобных структур на примере памятников исламской архитектуры;
4. Разработать методику композиционного анализа памятников архитектуры на основе теории фрактальности; обосновать возможность применения современных математических методов в определении фрактальности и ее уровней. С помощью разработанной методики произвести измерения архитектурных характеристик в комплексах исламской архитектуры.

Объект исследования - исламская средневековая архитектура.

Предмет исследования - признаки проявления фрактальности в построении композиции архитектурных объектов (на примере памятников исламской архитектуры).

Границы исследования. Временные границы теоретического исследования охватывают историческую и современную архитектуру (XX и начало XXI веков). В практической части исследования пространственные границы определены расположением памятников исламской архитектуры, имеющих фрактальные характеристики. В исследовании анализируются проекции памятников исламской архитектуры (планы, фасады, и т.д.), построенные в различных местах мира.

Методологическая основа работы. В работе применены междисциплинарный подход и комплексный анализ, позволившие использовать различные частные методы исследования, в том числе методы фрактального анализа, что в конечном итоге позволило раскрыть новые характеристики памятников архитектуры и определить направления дальнейшего развития композиционного анализа на основе теории фрактальности.

Методика исследования основана на комплексном анализе и включает:

1. Теоретические и графоаналитические методы анализа проявления фрактальных моделей в памятниках архитектуры и применения фрактальных закономерностей в архитектуре и градостроительстве;
2. Изучение текстового, графического и иллюстративного материала российских и зарубежных источников по архитектурно-строительным проблемам, включая периодическую печать;
3. Композиционный анализ исламских архитектурных объектов, который проводился на основе фотоизображений, чертежей и двухмерных проекций данных объектов, опубликованных или построенных автором исследования с помощью программы AutoCAD;
4. Математический и статистический методы исследования.

Теоретическая значимость работы обосновывается тем, что:

1. Методы фрактального анализа памятников архитектуры и перспективы их применения в проектировании развивают теорию архитектурной

композиции. Выявленные фрактальные закономерности в памятниках исламской архитектуры могут стать теоретической базой для дальнейших научных исследований;

2. Описаны характерные признаки проявления фрактальности и способы, которые в совокупности могут выступить критерием различения фрактальной и нефрактальной архитектуры. Это может быть применено как методологический подход в изучении наследия прошлого, а также в формировании концептуальных подходов в современной проектной практике;
3. Предложенный авторский многоуровневый методологический подход в анализе памятников исламской архитектуры может быть с адаптацией применен и в изучении архитектурного наследия других культурных регионов;
4. Проблемный анализ источников по проблеме фрактальности, в т.ч. в теории архитектуры, перевод источников с английского и арабских языков на русский, значительно расширяют источниковую базу по данной теме;
5. Полученные результаты позволяют определить механизм морфогенеза в архитектуре прошлого и XXI века на основании фрактальной теории.

Практическая значимость.

1. Исследование, по убеждению автора, расширяет научное знание о фрактальной архитектуре, ее истоках, принципах формирования, методах и приемах, что может быть использовано в современной проектной практике;
2. Разработанная методика композиционного анализа предоставляет исследовательский аппарат для описания памятников архитектуры;
3. С помощью фрактального анализа, по нашему мнению, могут быть проведены исследования, помогающие реконструировать изначальный облик архитектурного объекта, что способствует эффективному проведению реставрационных работ;
4. Отдельные части исследования могут найти практическое применение в учебных курсах по истории искусства и архитектуры на Востоке и Западе.

Научная новизна настоящего исследования состоит в том, что;

1. Предлагается авторская методика композиционного анализа на основе теории фрактальности (методика фрактального композиционного анализа) на примере исследования памятников исламской средневековой архитектуры;
2. Впервые фрактальное подобие выявляется на нескольких пространственных модусах: определяется степень фрактального подобия между планами, разрезами, фасадами памятников архитектуры, доминирующими орнаментальными мотивами и структурой городской среды;
3. Впервые осуществлен фрактальный композиционный анализ памятников средневековой культуры: Тадж-Махал в Индии, мечеть Султана Ахмада в Турции, мечеть Альджумма в Иране, Тилля Кари Медресе в Узбекистане и другие;
4. Впервые обосновывается прямая зависимость высокой степени фрактальности памятников исламской архитектуры и их художественных качеств (согласованность различных элементов проекций здания между собой); фрактальность является одним из важнейших средств раскрытия композиционной согласованности частей зданий, а также единства структур памятника архитектуры и окружающего пространства.

Положения, выносимые на защиту:

1. Выявленные этапы развития архитектуры с характерными признаками проявления фрактальности («исходные формы фракталов», «способы применения фрактальности», «принципы создания фрактальных форм»);
2. Результаты выделения и апробации метода ячеистых вычислений для архитектурных объектов и ресурсов компьютерной программы (Frac.Lac.);
3. Методика фрактального композиционного анализа памятников архитектуры, основанная на взаимосвязанном изучении нескольких проекций архитектурного объекта (плана, фасада, разреза здания, орнаментальных мотивов, применяемых в оформлении, градостроительного плана) и учете уровня фрактальности как одного

из факторов достижения единства здания и окружающего пространства.

Апробация и внедрение результатов исследования включает следующие формы:

Основные положения диссертация опубликованы в научных, научно-популярных изданиях и Интернет-порталах. Всего 14 научных публикаций, 4 из которых опубликовано в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Материалы диссертации представлены на международных научных конференциях: «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании» (Одесса, 2011), «Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества» (Москва, 2011), «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук» (Москва, 2012) и «Иностраный студент в профессионально-образовательном пространстве технического вуза» (Барнаул, 2010, 2012).

В преподавательской деятельности в рамках теоретических и практических занятий со студентами института архитектуры и дизайна Алтайского государственного технического университета автором были проведены семинары по темам «Особенность фрактальности в истории архитектуры и в современной» и «Перспективы пользования фрактальных моделей в проектировании современной архитектуры». Результаты исследования и методика были внедрены в проектные дипломные работы студентов на кафедре архитектуры и дизайна АлтГТУ в 2012-2013 гг.

Структура работы. Диссертационное исследование состоит из двух частей - текстовой и графической. Текстовая часть состоит из введения, трех глав, заключения, библиографии и приложения (18 таблиц). В графической части содержится 50 иллюстративных листов, в которых представлена авторская методика фрактального композиционного анализа 19 памятников исламской архитектуры. Структура диссертационного исследования отражает взаимосвязь и последовательность решения поставленных цели и задач.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность избранной темы диссертации, анализируется степень изученности проблемы, методологические основания

исследования, его новизна, формулируются объект и предмет, цели и задачи исследования, представляются положения, выносимые на защиту, приводится теоретическая значимость основных результатов работы и их апробация.

ПЕРВАЯ ГЛАВА «Фрактальность и ее проявления в природе и культуре» посвящена теоретическому анализу фрактальных структур в естественных объектах и искусственных. **В первом параграфе «История исследований фрактальности. Основные понятия и фрактальные структуры»** обобщаются результаты открытия фрактальности и итоги обнаружения ее в объектах природы, рассматривается история изучения фрактальности и примером самоподобных множеств, подходы к анализу сложных природных систем. Также даются основные определения, понятия и термины. Представляются и анализируются фрактальность в лингвистике, математике и, что особенно важно для нашей работы, в искусстве и архитектуре.

На основе анализа трудов авторов, внесших наиболее существенный вклад в поиски фрактальности в архитектуре: Азевича А.И. (2000), Мандельброта Б. (1977), Александрова П.С (1977), Лузина Н.Н. (1948), Риддл (Riddle L., 2010), Дмитриева А. (2001), Ибрагим М. (Ibrahima M., 2006), Розинберг Г. (Rozenberg G., 1980) и других - приводится классификация фракталов (искусственные и природные фракталы), дается характеристика фракталов (самоподобие, способность к развитию, дробная метрическая размерность, неопределённость границ и динамический хаос), описываются методы их создания.

С помощью графоаналитических средств анализа иллюстрируется проявление фрактальности в известных памятниках архитектуры.

Во втором параграфе «Основные подходы в выявлении и применении фрактальности в архитектуре» через сравнительный анализ евклидовой и фрактальной геометрии раскрывается способность фрактальной геометрии к анализу архитектурных и градостроительных комплексов. С опорой на работы Исаева В.В. (2006), Бабича В.Н. и А.Г. Кремлева (2010) и других авторов впервые проведено обобщение соотношений фрактальных моделей (треугольник Серпинского, губка Менгера, кривая Коха и др.) и памятников архитектуры.

Выделено 4 этапа развития архитектуры, для каждого из них найдены характерные признаки проявления фрактальности (исходные формы фракталов,

способы применения фрактальности, принципы создания фрактальных форм). Обозначены этапы: 1) фрактальные структуры в домодернистской истории архитектуры (европейской, российской, исламской) до 20 века; 2) фрактальные структуры в модернизме в 20 веке; 3) фрактальные структуры в постмодернизме (конец 20 века); 4) фрактальные структуры от постмодернизма к нелинейной архитектуре (конец 20 века и начало 21 века).

Выявлено, что ранним этапам свойственны преимущественно геометрические формы фракталов, поздним - синтез природных и геометрических форм, антропоморфические элементы. Также зафиксировано, что для ранних этапов свойственен интуитивный способ применения фрактальных размерностей, для 3 и 4 этапов – рациональный.

В третьем параграфе «Фрактальная и нефрактальная архитектура: признаки различения» определены границы и характеристики фрактальной и нефрактальной архитектуры через ряд критериев и признаков, которые в разрозненном виде присутствуют в трудах исследователей фрактальной архитектуры, например, Дженкса Ч. (2003), Ларкхама П. (Larkham P.J., 2009-2011) и Бовилла К. (Bovill C., 1996, 2000). Большинство этих работ не переводилось на русский язык и проблема фрактальной и нефрактальной архитектуры только начинает разрабатываться. На основе теоретических обобщений выделено 6 признаков фрактальной архитектуры: самоподобия, единство и разнообразие фрактального ритма, целостность объекта и многообразие структурно подобных (самоподобных) элементов, степень фрактальной сложности, иерархическое взаимоотношение фрактальных элементов и изменения с течением времени/пространства. Именно совокупность этих шести признаков в одном объекте с наибольшим основанием позволяет отнести тот или иной объект к категории фрактальной архитектуры.

Во ВТОРОЙ ГЛАВЕ «Фрактальный композиционный анализ: теоретическо-методологическое обоснование» дается обзор и анализ результатов исследований фрактальности известными теоретиками архитектуры с акцентом на выявление методических подходов. Разработана авторская методика композиционного анализа на основе фрактальной теории; обосновывается применение тех или иных подходов из теории архитектуры, искусствоведения и компьютерных технологий.

В первом параграфе «Результаты исследований фрактальности и ее проявления в европейском искусстве и архитектуре» представляются результаты научных изысканий архитекторов и теоретиков архитектуры в области фрактальной геометрии в зодчестве. Большей частью это труды западноевропейских ученых, которые в России не были до последнего времени переведены. Это вносит элемент новизны и открывает возможность научного диалога и критического рассмотрения результатов. Систематизированы эмпирические и методические результаты проведенных исследований, что помогло сформировать концептуальное ядро и построить авторскую методику фрактального анализа.

Так, работа Бовилла К. (Bovill C., 1996) посвящена математическим изысканиям в области фрактальной геометрии и применению их в дизайне и архитектуре. В ней также приводятся вычисления фрактальности в архитектурных и природных формах. В частности, стоит отметить, что этот автор один из первых обратился к методу ячеистого вычисления.

В работах Саленгароса Н. (Salingaros N., 2001, 2006), и особенно в книге «Взаимоотношение архитектуры и фрактальной геометрии», архитектурное наследие, новая архитектура, пространство городской среды рассматриваются с опорой на теорию фрактальности. Автор находит связь между фрактальными размерностями и пропорцией золотого сечения.

В исследовании Кравченко М.П. «Развитие фрактальной теории в архитектуре» отмечено, что в XXI веке формируются закономерности и принципы построения и осуществимости градостроительных объектов как сложных самоорганизующихся систем в рамках фрактальной теории. В заключительной части исследования Кравченко М.П. акцентирует внимание на симбиозе математики и архитектуры, подчеркивает, что он переводит развитие фрактальной теории в архитектуре и градостроительстве на новый уровень.

Следует указать еще на одну важную в теоретико-методологическом плане работу Ибрагима М. (Ibrahim M., 2006), в которой раскрывается исследовательский метод обнаружения фракталов в архитектуре.

Эмпирические и методические результаты исследований, полученные названными и другими авторами, сведены в табличную форму.

Второй параграф «Фрактальность в традиционной исламской архитектуре и искусстве и подходы к ее обнаружению» посвящен исследованиям, касающимся проявлений фрактальности в исламском

искусстве, архитектуре и градостроительстве. Переведены и критически осмыслены более двух десятков источников.

Ряд авторов Вичховер В. (Vechhoefer W., 1994), Бовилл К. (Bovill. C., 1996, 2000) и др.. осуществляют исследование фасадов традиционной арабской архитектуры с точки зрения обнаружения в ней фрактальных закономерностей и фрактальных характеристик. Теоретик Иссама Эль-Саида (Issam El Said, 2003) осуществляет продуктивный сравнительный анализ ключевых архитектурных характеристик со свойствами построения фрактальных структур. Стоит отметить эвристический концептуальный подход в изучении связи в исламской архитектуре фрактальности и принципов гармонической организации среды, например, «золотой пропорции» в работах Салингарос Н.А. (Salingaros N., 2001, 2006). Есть также примеры использования фрактальной теории в архитектурном и дизайн-проектировании - Синан С. (Senani S., 2007), Рювена. Б.К., (2008-2011).

В работе Петера Дж.Лю и Павела Дж. (Peter J. Lu, и Paul J., 2007) найдены фундаментальные математические основы исламских орнаментов, что соотносится с характеристиками фракталов, выявлено, что фрактальность интуитивно выражена в сложных моделях исламской архитектуры в виде геометрических орнаментов.

Анализ источников, посвященных этой теме, показал: во-первых, сложившаяся теория архитектурной композиции может быть значительно обогащена за счет применения теории фрактальности; во-вторых, формируется традиция применения фрактальной теории в анализе памятников архитектуры с опорой на разные методики; в третьих, методики композиционного анализа, как правило, не имеют комплексный характер.

В третьем параграфе «Сравнительный анализ метода ячеистого вычисления фрактальности с подобными и обоснование перспективности его применения» рассматриваются различные методы вычисления фрактальной размерности. Дана оценка методам вычисления фрактальной размерности в различных предметных областях и выделены:

- Метод структурированного шага или размерной линейки (Structured Walk method (ruler dimension)).
- Метод самоподобия размерности (self- similarity dimension method D_s).
- Метод ячеистого вычисления (Box Counting dimension method).
- Метод вычисления периметра участка (Perimeter-Area method).

- Метод информационной размерности (Information dimension method).
- Метод массовой размерности (Mass dimension method).

Обоснована перспективность использования метода ячеистого вычисления. Метод ячеистого вычисления фрактальной размерности оказался эффективен при анализе работ известных архитекторов, таких как Ф.Л. Райт, П. Айзенман и Ле Корбюзье. В исследованиях теоретиков Лоренса В. (Lorenz W., 2003) и Бовилла К. (Bovill C., 1996, 2000), Альмукарам А.М. (AL-Mukaram A.M., 2008), Лархама П. (Larkham P., 2009- 2011) и Остволд М. (Ostwald M., 2001, 2008, 2001) проверено согласование архитектурных проекций с фрактальными характеристиками на основе степени фрактальной размерности.

В четвертом параграфе «Компьютерные программы для вычисления фрактальной размерности» рассматриваются несколько программ для вычисления фрактальной размерности в архитектурных объектах, такие как Фрактальный системный анализ (Fractal analysis system), Фрактальный анализ (Fractalyse - Fractal Analysis Software), Программа BENOIT™ и FracLac. Также рассматриваются преимущества и недостатки в каждой программе и определяется программа, имеющая преимущественные особенности для нашей практической части.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ «Методика фрактального композиционного анализа и ее апробация на памятниках исламской архитектуры» на основании авторской методики, одним из ключевых моментов которой является метод ячеистого вычисления фрактальной размерности (the box counting dimension method), проведен композиционный анализ ряда памятников исламской архитектуры.

В первом параграфе «Методика композиционного анализа на основе фрактальной теории» представляется авторская методика композиционного анализа памятников архитектуры на основе теории фрактальности.

Авторская методика **фрактального композиционного анализа** памятников архитектуры носит комплексный характер и представлена следующим образом:

1. Вычисляется уровень фрактальной размерности в проекциях памятников архитектуры (плана, фасада и т.д.) путём применения метода ячеистого вычисления фрактальной размерности. Для этого на

графическое изображение накладываются разномасштабные ячейки. Определяется уровень фрактальности каждой проекции памятника архитектуры, при этом принимается уже доказанная в теории фрактальности закономерность:

- Высокая степень фрактальности в проекции - если общая фрактальная размерность $1 < DF < 2$.
 - Низкая степень фрактальности в проекции - если общая фрактальная размерность $DF \approx 1$ или ≈ 2 .
2. Следующая операция связана с согласованием между разномасштабными уровнями каждой проекции (начиная с большого детального масштаба и доходя до маленького) для каждой проекции: плана, фасада и т.д. Для этого удобнее всего и нагляднее использовать построение графиков. При этом надо учитывать следующее:
- В первом случае график согласования данных разномасштабного анализа будет представлять прямую или плавную линию. Это значит, что уровень согласованности в данном случае высокий;
 - Если график будет представлять ломаную линию, это означает, что уровень согласования снижается.
3. И наконец, чтобы обосновать глубокую согласованность различных характеристик здания между собой, и одновременно в целом его фрактальность и органичную и гармоничную связанность здания с окружающим пространством необходимо определить уровень фрактальной согласованности между главными характеристиками здания – фасадом и планом, разрезом и фасадом и т.д. В случае, если мы получаем уровень согласованности между ними высокий, то и в целом здание можно считать с высоким уровнем фрактальности. А если и между зданием и окружающим его пространством также обнаруживается высокий уровень фрактального согласования, то можно заключить, что здание фрактально согласовано с окружающим пространством и фрактально между его различными проекциями.

Во втором параграфе «Фрактальный анализ памятников исламской архитектуры по двум проекциям» проводится фрактальный анализ 17-ти памятников, расположенных в разных странах и созданных в разное время. Главным образом, это мечети, но чтобы подтвердить широкое распространение фрактальных размерностей в исламской архитектуре анализируются и медресе:

- Мечети Сулеймания (Suleymaniye), Шах-Заде (Sehzade), Султана Михримах (Mihrimah Sultan) и Серефили (Sherifili) в Турции.
- Тилля Кари Медресе (Tila Kari Madrasa), Пои Калян (Poi Kalon ansambli) и мечеть Биби Ханум (bibi khanum) в Узбекистане.
- Мечеть Шейх Лотфаллаха в Иране.
- Мавзолей мечети Султана Баркука (Sultan Barquq Mausoleum), Султана Баркука медресе (Sultan Barquq Madrassa), Аль-Дин Аслам Амир Баха Аль-Силихдар (Amir Baha' al-Din Aslam Al-Silahdar), Султана Шабана (Sultan shaban) и Кидьмас Эл-Исхаки (Qidjmas El-Ishaki) в Египте.
- Мечеть Менара Кудаса (Menara Kudus) в Индии.
- Мечети Менара Кудаса (Menara Kudus) и Агунг Демак (Демакская Соборная Мечеть) в Индонезии.

Фрактальному композиционному анализу подвергались две основные проекции зданий: планы и фасады. Следующий этап - установление степени их фрактальной согласованности. Результаты анализа сведены в табличную форму для сопоставления.

В целом можно отметить, что подавляющее большинство памятников исламской архитектуры имеют высокий уровень фрактальности каждой проекции. Зафиксирована также высокая степень фрактальной согласованности между разномасштабными уровнями каждой проекции; выявлена высокая согласованность между проекциями зданий – между фасадом и планом.

Таким образом, высокая художественная выразительность памятников архитектуры, композиционная согласованность частей и целого расчетно интерпретирована с позиции фрактального анализа.

Также были обнаружены исключения. Характер подобности проекций нескольких памятников исламской архитектуры не соответствует фрактальным закономерностям. Выявлен ряд причин этого: последующие реконструкции зданий, например, в мечети Аль – Силихдар в Каире; постройке зданий на основании старого фундамента в мечети Эл-Исхаки в Каире; значительное расширение здания - Пои Калян в Узбекистане и т.д. Выше перечисленные метаморфозы повлияли на фрактальные характеристики памятников архитектуры.

В третьем параграфе «Комплексный фрактальный анализ памятников исламской архитектуры» проводится композиционный анализ известнейшего памятника исламской культуры в Турции Мечети Султана

Ахмада (Голубая мечеть) по трем проекциям и композиционный анализ шедевра исламской культуры - ансамбля Тадж-Махал в Индии по 6 проекциям.

Проведен расширенный композиционный анализ памятника исламской культуры в Турции Мечеть Султана Ахмада (Голубая мечеть), расчету подлежали 3 проекции: план, фасад и разрез здания. Результаты анализа представлены в табличных формах и диаграммах. Результаты композиционного анализа показали, что:

1. Основные проекции мечети Султана Ахмада имеют высокий уровень фрактальности.
2. Выявлена высокая степень согласованности между разномасштабными уровнями каждой проекции.
3. Выявлена высокая согласованность между тремя проекциями мечети – между фасадом, планом и разрезом.

В развернутом виде предложенная методика применяется в композиционном анализе ансамбля Тадж-Махал в Индии. Вначале дается общее описание памятника и подход к визуальному обнаружению фрактальности. Следующим этапом исследования стало вычисление фрактальных размерностей на уровнях городского плана, плана парковой зоны ансамбля, плана мавзолея, фасада, разреза и ведущего орнаментального мотива. Обосновывается, что высокая художественная выразительность ансамбля и органичная его связь с окружающим ландшафтом обуславливается, в том числе, высокой фрактальной согласованностью всех ключевых элементов ансамбля, представленных в архитектурно-градостроительных проекциях.

Полученные результаты оформлены в табличную форму и диаграммы. Можно отметить ряд принципиальных моментов:

1. В анализе основных проекций Тадж-Махала фрактальная размерность плана города, ландшафтного плана, фасада, разреза и орнамента высокая и описывается следующим математическим отношением $1 < DF < 2$.

2. Степень согласованности между разномасштабными уровнями каждой проекции (план города, ландшафтный план парка, фасад, разрез и орнамент) также высокая, близкая к 0.

3. Уровень фрактальной согласованности между проекциями памятника: городским планом, ландшафтным планом, фасадом, разрезом и орнаментом является высоким, близким к 1, но, однако, можно заметить низкую фрактальную согласованность между планом здания и другими проекциями. По

нашему мнению это объясняется тем, что план здания выполняет особую функцию, по сравнению с другими проекциями: он не является визуальным вычитываемым элементом и спроектирован на основе евклидовой геометрии. В отличие от плана разрез обладает высокой степенью подобия с другими проекциями, разрез Тадж-Махала является внутренним «фасадом» здания, вертикальным «планом», этим, вероятно, объясняется его высокая степень фрактальной согласованности с планом мавзолея, его фасадом, с орнаментом, а также с градостроительным планом.

Особенно важным представляется следующий результат комплексного фрактального анализа для рассмотренного памятника культуры: высокая степень фрактального согласования на градостроительном и на архитектурном уровнях, что дает одно из возможных объяснений целостности, единства, высокой художественной выразительности ансамбля Тадж-Махала.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. На основе анализа мировой практики исследования сложных природных и антропогенных систем с опорой на теорию и принципы фрактальной геометрии рассмотрен накопленный опыт изучения фрактальных закономерностей в памятниках архитектуры, в том числе исламской. Выделена активно развивающаяся во многих странах линия фрактального анализа памятников архитектуры. Выявлены механизмы формообразования в архитектуре, использующие законы фрактальной геометрии, описаны и систематизированы фрактальные закономерности и типы фракталов, которые уже нашли свое применение в памятниках архитектуры. Фрактальность предложено рассматривать как важнейшее средство изучения архитектуры и инструмента композиционного анализа архитектурных объектов.
2. Зафиксировано проявление фрактальности в архитектурных объектах. Фрактальные структуры обнаружены в архитектуре на различных этапах ее развития. Описаны 4 этапа развития архитектуры, для каждого из них выделены характерные признаки проявления фрактальности. Ранним этапам свойственны преимущественно геометрические формы фракталов, поздним - синтез природных и геометрических форм, широкое применение био- и антропоморфических элементов.

3. Анализ теоретических источников позволил выделить 6 признаков фрактальной архитектуры: «самоподобия», «единства и разнообразия фрактального ритма», «целостность объекта и многообразие структурно подобных (самоподобных) элементов», «степень фрактальной сложности», «иерархическое взаимоотношение фрактальных элементов», «изменения с течением времени/пространства», которые в совокупности позволяют отнести тот или иной объект к категории фрактальной архитектуры.
4. Разработана авторская методика **фрактального композиционного анализа** памятников архитектуры, включающая 3 операционных момента: вычисление уровня фрактальности *нескольких* проекций архитектурного объекта; определение степени фрактальной согласованности между разномасштабными уровнями, и, наконец, определение степени фрактальной согласованности между ключевыми проекциями. Методика апробирована на памятниках исламской архитектуры в широком временном и культурно-пространственном диапазоне. В развернутом виде (с исследованием более двух проекций) она была применена на мечети Ахмад Шаха и в анализе ансамбля Тадж-Махал.
5. Применение теории фрактальности расширяет возможности анализа архитектурной композиции на основе оценки единства структур памятника архитектуры (включая синтез видов искусств) и средового контекста.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ:

В изданиях рекомендованных Высшей Аттестационной Комиссией Минобрнауки России:

1. Исмаил Х.Д.А. Выявление фрактальных закономерностей в шедевре исламской архитектуры – Тилля Кари Медресе в Узбекистане / Х.Д.А. Исмаил // Глобальный научный потенциал. – 2012, – №12(21) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://globaljournals.ru/globalnyij-nauchnyij-potencial/elektronnyie-versii.html>. - 0,33п.л.
2. Исмаил, Х.Д.А. Фрактальный анализ шедевров исламской архитектуры – мечети Ахмад Шаха и Тадж-Махала: обоснование метода и опыт применения / Х.Д.А. Исмаил // Международный электронный научно-образовательный журнал “Architecture and Modern Information

Technologies” «Архитектура и современные информационные технологии» (AMIT). – 2012, №4(21) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2012/4kvart12/ismail/abstract.php>. п.л. С 1-9. 0,75 п.л.

3. Исмаил Х.Д.А. Тадж-Махал: опыт философско-искусствоведческой интерпретации и фрактального анализа / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Вестник алтайской науки. 2012, №2 – Барнаул: Алтайский государственный технический университет. – С. 127-134. - 0,66 п.л. (лично автора – 0,33 п.л.).
4. Исмаил Х.Д.А. Опыт фрактальных исследований в анализе культовых сооружений исламской архитектуры / Х.Д.А. Исмаил // Перспективы науки (ПН). – 2012, №8(35) [Электронный ресурс] Режим доступа: http://tambov-konfcentr.ru/files/jurnal/Vipusk_35/35_full.pdf - С 48-50. 0,25 п.л.

Публикации в других изданиях:

5. Ismail Kh. J. Taj Mahal: Philosophical Experience, Art Interpretation and Fractal Analysis / Kh. J. Ismail, M.Y. Shishin // Confluence of Knowledge- An International Multidisciplinary Refereed Journal [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.confluenceofknowledge.in/www/home.html>, 1 п.л. (лично автора – 0,5 п.л.).
6. Исмаил Х.Д.А. Фрактальная геометрия и ее применения в анализе архитектурных объектов / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин, С.Б. Поморов, LAMBERT Academic Publishing, Саарбрюккен, 2013, стр.92 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ljubljudknigi.ru/store/gb/book/Фрактальная-геометрия-и-ее-применения-в-анализе-архитектурных-объектов/isbn/978-3-659-33003-27>, 82 п.л. (лично автора – 2,28 п.л.).
7. Исмаил Х.Д.А. Модели исламских традиционных орнаментов и их применение в исламской культуре / Х. Исмаил, М.Ю. Шишин // Иностраный студент в профессионально-образовательном пространстве технического вуза. Тезисы докладов международной научно-практической конференции для иностранных студентов и аспирантов. – Барнаул: Азбука. – 2012 . – С. 120-122. - 0,25 п.л. (лично автора – 0,13 п.л.).
8. Исмаил Х.Д.А. Перспективы использования фрактальной геометрии в работе современных архитекторов / Х. Исмаил, М.Ю. Шишин // Иностраный студент в профессионально-образовательном пространстве

- технического вуза. Тезисы докладов международной научно-практической конференции для иностранных студентов и аспирантов. – Барнаул: Азбука. – 2012 . – С. 122-125. - 0,33 п.л. (лично автора – 0,17 п.л.).
9. Исмаил Х.Д.А. Взаимоотношение фрактальной геометрия с принципом устойчивости в архитектуре / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – М.: Институт стратегических исследований, 2012. – С. 280-283. - 0,33 п.л. (лично автора – 0,17 п.л.).
10. Исмаил Х.Д.А. Процессуальное представление о фрактальности в работе современных архитекторов / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – М.: Институт стратегических исследований, 2012. – С. 284-286. - 0,25 п.л. (лично автора – 0,13 п.л.).
11. Исмаил Х.Д.А. Процессуальное представление о фрактальности в истории архитектуры / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – Одесса: Черноморье. – 2011. – С. 63-67. - 0,42 п.л. (лично автора – 0,21 п.л.).
12. Исмаил Х.Д.А. Системный анализ храмовой исламской архитектуры на основе фрактальных принципов / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – Одесса: Черноморье. – 2011. – С. 67-75. - 0,75 п.л. (лично автора – 0,38 п.л.).
13. Исмаил Х.Д.А. Фрактальные модели в архитектуре / Х.Д.А. Исмаил // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества. Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – М.: Институт стратегических исследований, 2011. – С. 255-260. - 0,5 п.л. (лично автора – 0,5 п.л.).
14. Исмаил Х.Д.А. Обоснование фрактального метода анализа памятников архитектуры / Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин // Вестник алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. 2011,

- № 1–2. - Барнаул: Алтайский государственный технический университет. – С 27-30. - 0,33 п.л. (лично автора – 0,17 п.л.).
- 15.Исмаил Х.Д.А. Итоги и перспективы исследования фрактальности исламской архитектуре и искусстве/ Х.Д.А. Исмаил, М.Ю. Шишин //Вестник алтайской науки. - 2011, № 1 – Барнаул: Алтайский государственный технический университет. – С 5-15. - 0,92 п.л. (лично автора – 0,46 п.л.).
- 16.Исмаил Х.Д.А. Влияние арабско-исламских традиций на архитектурные компоненты и на декоративные элементы домов в Ираке / Х.Д.А. Исмаил // Иностраннный студент в профессионально-образовательном пространстве технического вуза. Тезисы докладов международной научно-практической конференции для иностранных студентов и аспирантов. – Барнаул: Азбука. – 2010 . – С. 149-155. - 0,58 п.л. (лично автора – 0,58 п.л.).