

УДК 712.3(510)

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-58-72

*Д.С. ЦЕЛУЙКО,**Тихоокеанский государственный университет*

СОЗДАНИЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САДА КУЛЬТИВАЦИИ В Г. СУЧЖОУ. ГЕНЕРИРОВАНИЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ СТРУКТУР С ПОМОЩЬЮ RHINOCEROS (GRASSHOPPER)

Исследованы механизмы цифровой имитации традиционных инструментов проектирования частных садов Китая на примере Сада культивации, расположенного в г. Сучжоу, с последующей генерацией новых графоаналитических моделей плана. Рассмотрены различные подходы к исследованию пространства как целостной структуры. Исследованы работы ученых по данной тематике, как отечественных, так и зарубежных, на основании чего выбран один из точных математических инструментов для анализа планировочной структуры. Дано определение графа в контексте архитектуры, рассмотрены области его применения. Проведена аналогия между графоаналитическим представлением объекта и традиционными китайскими инструментами и методиками для формирования пространства. Создана и исследована графоаналитическая модель Сада культивации, на основании которой были сгенерированы новые планировочные схемы.

Актуальность темы заключается в использовании новых инструментов и методик для анализа пространственной структуры исторических объектов и создании на этой основе новых планировочных решений.

Цель работы: изучить графоаналитическую модель сада, расписать основные этапы ее создания. Выявить особенности генерации новых планировочных структур.

Методы: анализ источников и литературы по теме исследования. Фотофиксация и обмеры Сада культивации. Метод компьютерного моделирования. Метод цифрового структурного анализа. Метод генеративного проектирования.

Подробно разобран механизм генерирования в виде скрипта в Rhinoceros (Grasshopper). На основании одного сгенерированного примера показан процесс создания плана сада. В заключении дается оценка инструмента анализа и генерирования, приводятся его особенности и недостатки. Обозначен дальнейший вектор работ в доработке скрипта для более быстрой и наглядной подачи результата.

Ключевые слова: Китай; архитектура; сад; частный сад; анализ; планировочная структура; пространство; граф; графоаналитический метод; Rhinoceros; Grasshopper; генерирование.

Для цитирования: Целуйко Д.С. Создание графоаналитической модели сада культивации в г. Сучжоу. Генерирование планировочных структур с помощью Rhinoceros (Grasshopper) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 1. С. 58–72.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-58-72

*D.S. TSELUIKO,**Pacific National University*

GRAPHIC-ANALYTICAL MODEL OF CULTIVATION GARDEN IN SUZHOU. GENERATION OF PLANNING STRUCTURES WITH RHINOCEROS (GRASSHOPPER)

The paper explores the mechanisms of digital imitation of traditional tools for designing private gardens in China, the Cultivation Garden in Suzhou, in particular. New graphic-

analytical model is proposed. Various approaches are considered for space as an integral structure. Both domestic and foreign literature in the field is investigated, and mathematical tools are selected to analyze the planning structure. The graphical definition of the architecture is given, the areas of its application are considered. An analogy is drawn between the graphic-analytical model and traditional Chinese tools and techniques for the space formation. The graphic-analytical model of the Cultivation Garden is proposed and investigated, and new planning schemes are then suggested. The relevance of the work lies in the use of new tools and techniques for analyzing the spatial structure of historical objects and new design solutions. The aim of this work is to study the graphic-analytical model of the Cultivation Garden, describe the main stages of its development.

The following approaches are used: the analysis of the literature in the field; photographs and measurements of the Cultivation Garden; computer simulation; digital structural analysis; generative design method.

The generating mechanism in the form of a script in Rhinoceros (Grasshopper) is examined in detail. The process of creating a garden plan is shown. The analysis and generation tool are given together with their disadvantages. A further research into finalization of the script is required for visual representation of the results obtained.

Keywords: China; architecture; garden; private garden; analysis; planning structure; space; graph; graphic-analytical method; Rhinoceros; Grasshopper; generation.

For citation: Tseluiko D.S. Sozdanie grafoanaliticheskoi modeli sada kul'tivatsii v g. Suchzhou. Generirovanie planirovochnykh struktur s pomoshch'yu Rhinoceros (Grasshopper) [Graphic-analytical model of cultivation garden in Suzhou. Generation of planning structures with Rhinoceros (Grasshopper)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 1. Pp. 58–72.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-1-58-72

Введение

Формирование пространства – основной процесс в проектировании. Еще в учении Дао Дэ Цзин повествовалось о важности пустоты – пространства: «Когда строят жилье, проделывают окна и двери, оставляя середину пустой, благодаря этому и можно пользоваться жильем. И потому наполнение – это то, что приносит доход, опустошение – это то, что приносит пользу» [6]. Со временем наполнение и восприятие пустоты менялось, новые функции диктовали новую форму, результатом стало большое количество функциональных типов, которые варьировались в зависимости от времени и культуры [1, 3, 6, 13]. Новое время создает новые правила, в сфере формирования пространства появляются новые теории и методики, а также иные взгляды и подходы к традиционным для архитектуры понятиям.

История восприятия пространства

В XX в., с появлением компьютеров и использованием в проектировании алгоритмических систем, началось числовое изучение творческого начала. Однако помимо цифровой реальности ответ на этот вопрос ученые искали в семиотике (А.В. Иконников, А.В. Боков, В.И. Лучкова, В.Л. Глазычев и др.), рассматривая архитектуру как систему символов или же знаков и воспроизводя связи между ними [3, 7]. Аналогии, проводимые между семиотическими моделями языка и понятием структуры в науке о природе, в частности в генетике и эволюционной биологии, были освещены в работах Ф. Жакоба, Ф. Ле-

ритьера, в математике – Ж.-Ф. Дезанти. Изучением понятий «архитектурное пространство», «компоновка», «архитектурная форма», «тектоника» и т. д. в конце XX в. занимались А.В. Степанов, И.А. Бондаренко, И.Г. Лежава, А.В. Иконников, А.В. Рябушкин, Д.О. Швидковский, О.И. Явейн и др. Отдельно стоит выделить тех, кто занимался планировочными закономерностями и принципами проектирования архитектурных объектов: А.Д. Логвиненко, И.Ш. Шевелев, М.В. Шубенков, М.С. Гика, А.А. Емельянов, Ю.С. Лебедев, О.М. Варганян, В.Ф. Колейчук [4, 12, 13].

Большая часть вышеупомянутых трудов описывала закономерности пространства, не имея четкой математической базы, которая могла бы адаптироваться под любой тип архитектурного объекта. Описательный характер исследования является уникальным только для конкретных примеров, рассмотренных в каждой работе. Однако одним из первых, кто описал архитектуру как систему, был Витрувий в своем труде «Десять книг об архитектуре» [2]. В книге все знания разбиты по функции и имеют четкие пропорции как в фасаде, так и в плане. Именно числовое ограничение в архитектуре помогло Витрувию, а позже Палладио и другим зодчим закрепить пропорции в архитектуре, но, как можно заметить, современные постройки ушли далеко за границы ордерной системы.

Структура пространства

На Востоке также можно проследить закономерности и пропорционирование в архитектуре. Если рассматривать общие типы построения идеальных городов Азии как в соответствии с различными градостроительными трактатами, так и с позиции фэн шуй, повсеместно использовались идентичные приемы, но города получались различные за счет условий, к которым адаптировались эти планировочные парадигмы [1, 7]. В городских планировках отчетливо читается иерархия и разделение на структуры. По данным правилам проектировалось множество объектов на Востоке, в том числе и частный сад – один из примеров объекта со сложным пространством, с сочетанием застройки и открытых пространств [11]. В отличие от города в саду нет четкой иерархии и упорядоченности. Первостепенное право здесь отведено природному началу, тем не менее это творение человека, и для того чтобы называться садом, а именно частным садом, территория должна соответствовать ряду пространственных требований (трактаты о проектировании, инструменты освоения пространства, стилистические направления) [11, 20]. Большая часть традиционных частных садов расположена в г. Сучжоу, все они различны по площади, внутренней структуре, элементам и прочим характеристикам.

В рамках исследования был рассмотрен Сад культивации (艺圃 (Yì Pǔ)), т. к. он имеет относительно простую, но традиционную планировку и является одним из старейших садов региона Цзяннань. Сад был построен в 1541 г. бывшим государственным чиновником Юань Цзугеном (1519–1590), ушедшим с поста и посвятившим себя созданию сада. Впоследствии у сада менялись названия, владельцы и планировочная структура. В настоящее время Юйпху входит в список объектов культурного наследия ЮНЕСКО. Площадь,

которую занимает комплекс, – 0,37 га. В планировке прослеживается четкое разделение на жилую и рекреационную зоны, но открытые участки с зелеными насаждениями и каменными скульптурами присутствуют в жилой застройке, как и наличие архитектурных сооружений в зоне сада. Северная часть комплекса, южной границей которой является павильон Янгуан, представлена жилой, образовательной, религиозной и хозяйственной застройкой [15, 21].

Несмотря на то что сад – это природная среда, наполненная водоемами и растительностью, основным в ней являются функциональные зоны и архитектурные элементы. Это можно проследить с помощью инструментов разбивки пространства, которые также использовались и для создания сада – триграммы Багуа и квадрат Лошу. Существует большое количество школ и направлений по работе с данными инструментами и их осмыслением, некоторые берут за основу стороны света, особенности рельефа и т. д. Но независимо от особенностей школы, работа происходит именно с функциональными зонами [8]. Даосские инструменты освоения пространства диктуют расположение функциональных зон на участке, т. е. задают схему функционального зонирования, в границах которой архитектор сам волен распоряжаться пространством.

Примером тому служит большое разнообразие вариантов планировок частных садов [9, 10, 19]. И если все правила освоения пространства заложены в планировке сада, возможно ли оцифровать планировочные структуры и без использования традиционных инструментов получить новый сад?

Создание графоаналитической модели

Сегодня одним из наиболее распространённых ПО для решения аналогичных задач, а именно анализа и генерации новых планировочных структур, является Rhinoceros вместе с дополнением Grasshopper, т. к. в программе имеется наиболее развитое проектирование с помощью скриптов и существует большое количество аналитических инструментов. В данном исследовании была использована часть разработок Пируза Нуриана и Самане Резвани, которая основывается на теории графов (графоаналитическое представление) [16].

Разберём поэтапное создание графоаналитической схемы на примере Сада культивации для дальнейшей работы в Rhinoceros (рис. 1). Основная суть этого процесса заключается в выявлении вершин и ребер (элементы графа), вершинами в данном случае будут основные архитектурные элементы сада (этап 1), т. к. они являются центрами пространства и дублируют природные доминанты, а также именно эти объекты, как центры функциональных зон, распределяют при изначальном проектировании сада. Ребра – пешеходные связи между элементами (этап 2).

Но так как графоаналитическое представление – это топологическая схема, в ней нам не важны реальные маршруты между сооружениями, поэтому вместо витиеватых дорожек на схеме появляются прямые линии между элементами (этап 2).

На 3-м этапе мы видим не только вершины и ребра в границах участка, а также диаграмму Вороного, с помощью которой вся площадь сада была равномерно распределена между основными элементами, что в дальнейшем потребуется при работе в Grasshopper [5, 12].

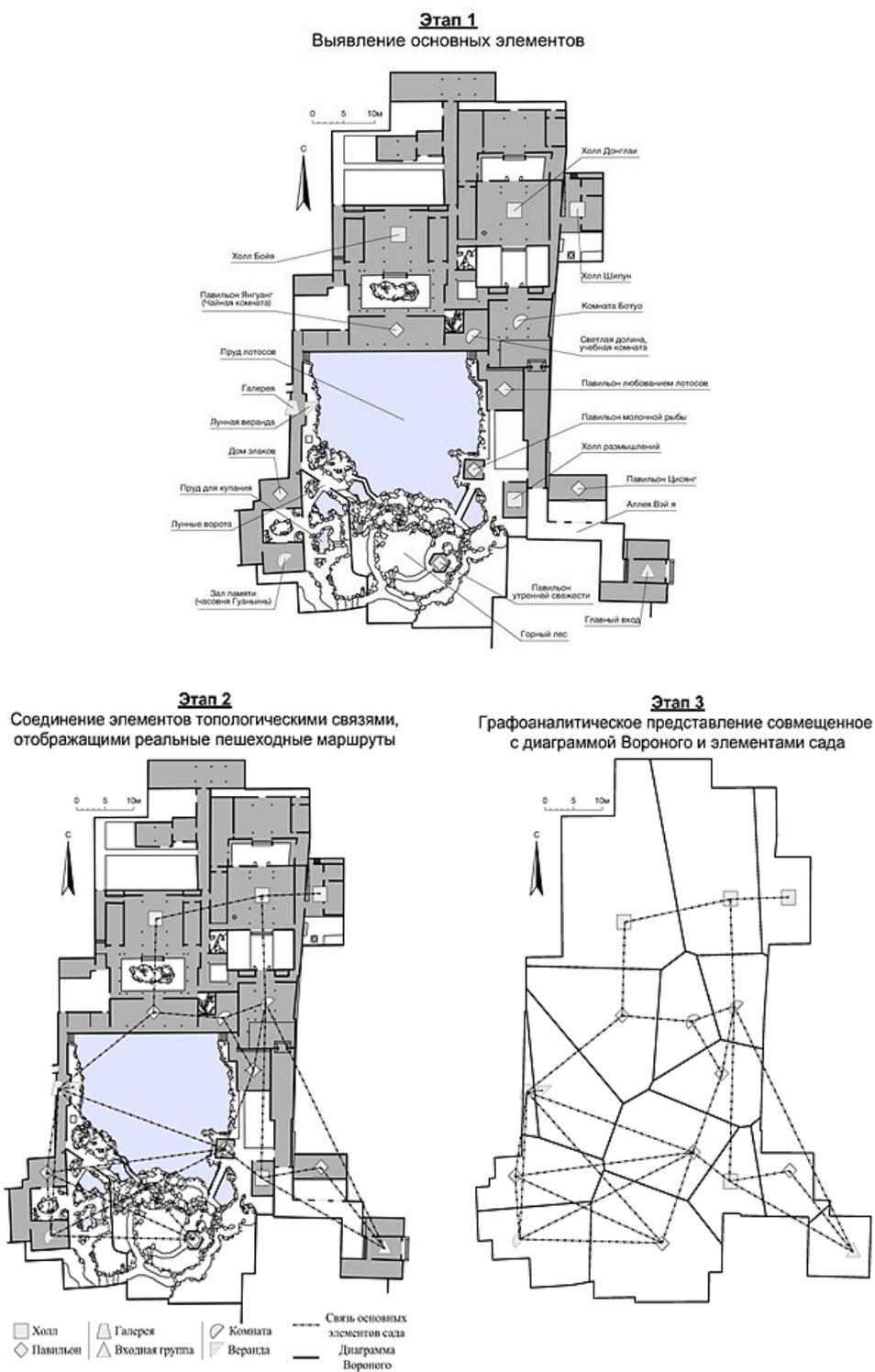


Рис. 1. Этапы создания графоаналитической модели на основе Сада культивации в г. Сучжоу

Написание скрипта в Grasshopper

Графоаналитический анализ имеет большое количество возможностей, одна из них – генерация новых вариантов планировки [14]. Для генерации графа потребуется программа Rhinoceros, а также плагин Grasshopper для написания скрипта (рис. 2). Скрипт – набор команд, состоящий из нодов. Нод – инструмент (алгоритм) воздействия на объект. Первым этапом является создание архитектурной модели в Rhino, а именно точек – основных элементов сада (вершин) и связей между ними (ребер). Для задания точек были использованы два нода Gene pool. Задаем точки с помощью осей координат XY, каждая из координат выставлена в своем Gene pool, в дальнейшем это даст возможность менять расположение точек, при том что они будут частью одной параметрической системы. Нод Construct point позволяет создать точку с помощью цифровых значений координат, которые мы записываем в Gene pool.

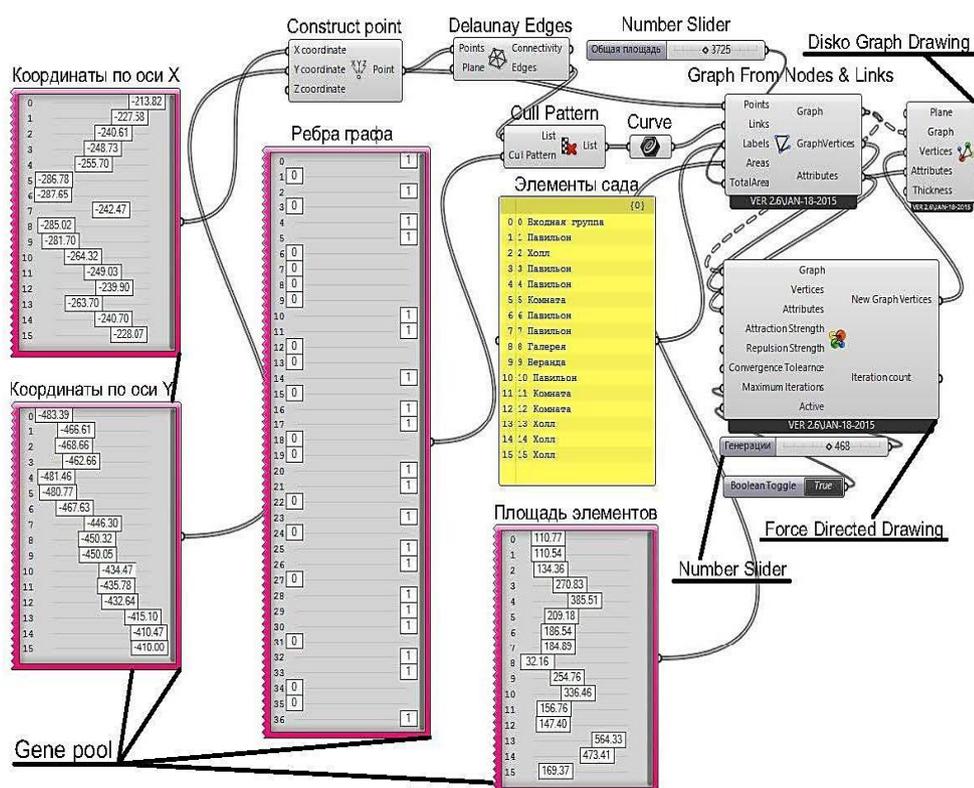


Рис. 2. Скрипт для генерации графоаналитических моделей

Так как для генерации новых планировочных моделей будет изменено не только расположение точек, но и связи между элементами, необходим нод, который будет соединять рядом расположенные точки между собой – это Delaunay Edges. В основе своей работы он использует триангуляцию Делоне. С помощью данного инструмента можно показать максимальное количество

связей внутри структуры, в графе Сада культивации – 37 связей. Далее используем Cull Pattern, это нод, который определяет количество пришедших в него данных (37 линий) и с помощью Gene pool дает возможность убрать или оставить каждую из позиций. Подключая Gene pool к Cull Pattern, выставляем два значения 0 и 1, где 0 – «выключение» линии, а 1 – «включение». Благодаря такой связке, возможно генерировать не только координаты точек по осям XY, но и связи между ними. И как бы ни были расположены точки – эти связи никогда не будут пересекаться, т. к. при каждом изменении элементов скрипт будет заново строить триангуляцию Делоне, создавая новые связи. После нода Cull Pattern переводим выходные данные в нод Curve для более корректной работы всего скрипта.

К созданному механизму генерации связей подключаем нод Graph From Nodes & Links, у него есть несколько входов: Points – точки, определенные с помощью координат XY; Links – связи между основными элементами, которые представлены в виде генерируемой системы; Labels – панель с указанием основных элементов системы, т. к. в исследовании будут генерироваться новые конфигурации, нет смысла прописывать исторические названия, поэтому все сооружения были определены по своим архитектурным морфотипам (входная группа, павильон, холл, комната, галерея и веранда); Areas – Gene pool с площадью каждого участка, в соответствии со списком, подключаемым в Labels; Total area – общая площадь исследуемой территории. На основании заданных значений в нод он создает граф и выдает данные для двух следующих нодов (Force Directed Drawing и Disko Graph Drawing), которые позволяют создать новые генерации планировочной модели.

К трем выходам из нода Graph From Nodes & Links подключаются одноименные входы в Force Directed Drawing и Disko Graph Drawing. И если Graph и Attributes являются числовыми значениями для различных задач в рамках графоаналитического анализа (расчет интеграции, глубины, энтропии, контроля и выбора), то Graph Vertices – это координаты вершин графа. Нод Force Directed Drawing предназначен для генерации новых расположений вершин и сохраняет заданные связи. К входу Maximum Iterations подключается Number Slider (генерации), который дает возможность переключаться между сгенерированными вариантами, для каждой модели свое максимальные значения генераций, зависящее от заданных связей, в некоторых случаях это значение превышает 1 000 000 вариантов планировок. К входу Active подключен Boolean Toggle, который включает или отключает весь нод. Disko Graph Drawing является нодом, создающим графическое представление сгенерированного варианта на основе числовых данных из нода Graph From Nodes & Links и новых координат вершин из Force Directed Drawing.

Генерация графоаналитических моделей

С данным скриптом генерировать новые планировочные структуры можно пятью способами.

1. Изменение координат по осям X и Y. В Gene pool заданы минимальные и максимальные значения координат, которые ограничены границами участка Сада культивации. Данный способ является самым сложным, т. к.

здесь присутствует большое количество значений в двух панелях, вероятность получения структуры, которую можно воплотить в проектировании, очень низка из-за большого диапазона координат по осям.

2. Изменение конфигурации ребер графа. При таком инструменте сохраняется «историческое» расположение элементов сада, связи между ними изменяют как вручную, так и с помощью случайного генерирования Gene pool. Это один из самых результативных способов генерирования «интересных» конфигураций, им легко управлять и выстроить необходимую структуру связей. Первый и второй способы подвергают изменению первоначальный продукт для генерации «сырье», и полученный результат не может в полной степени являться продуктом генерации с помощью графоаналитического метода. Следующие три метода меняют уже конечный результат, основанный на первых двух.

3. Изменение площадей каждого участка. Операцию можно провести как через случайную генерацию в Gene pool, так и вручную. Даже при незначительном изменении одного показателя меняется конфигурация всей структуры благодаря параметрической системе.

4. Изменение общей площади. Двигая ползунок Number Slider (Общая площадь), можем менять диапазон участка на новых генерациях сада. Вышеперечисленные два способа не могут кардинально изменить структуру, они меняют только расположение элементов, не изменяя и не перекрещивая связи.

5. Изменения варианта генерации – Number Slider (генерации). Если двигать ползунок в окне программы Grasshopper, то в окне программы будут отображаться новые варианты архитектурной модели, разработанные методом Force Directed Drawing.

Фактически можно обойтись только тремя последними инструментами для создания новой структуры. Разница между вариантами 1, 2 и 3, 4, 5 в том, что первая группа (1, 2) меняет первоначальную модель – «сырье» для генерации, а вторая группа (3, 4, 5) работает уже непосредственно на основе этого «сырья». Но при этом каждый из вариантов генерации тесно связан с другими и не может функционировать отдельно. Использование любого из инструментов дает массу результатов, но не все возможно применить к планировке сада.

Рассмотрим вариант с генерированием структуры с помощью способа 2. Этот инструмент сочетает в себе многие другие и является самым действенным на конфигурацию. Только с его помощью можно менять связи, а значит, влиять на пространственные значения структуры (глубина, интеграция, энтропия, контроль и выбор), изменение координат точек не влияет на расчет графоаналитической модели. Использование первого инструмента дает новое расположение изначальных точек, но этот же результат можно получить с помощью методов 3, 4 и 5. Результаты применения второго метода можно увидеть на рис. 3. При генерации новых связей большая часть вариантов состояла из двух и более отдельных частей, не соединённых между собой, поэтому некоторые связи приходилось подключать вручную. Из трех представленных генераций только правая может быть использована для создания сада, т. к. основная рекреационная зона усадьбы концентрируется вокруг водоема и имеет цикличную структуру, остальные два примера в большей степени представлены линейными моделями. Так как у сгенерированных схем нет гра-

ниц участка, каждая обрамлена прямоугольной рамкой по крайним элементам. Для лучшего восприятия пространства, сгенерированного для каждого элемента, была применена диаграмма Вороного.

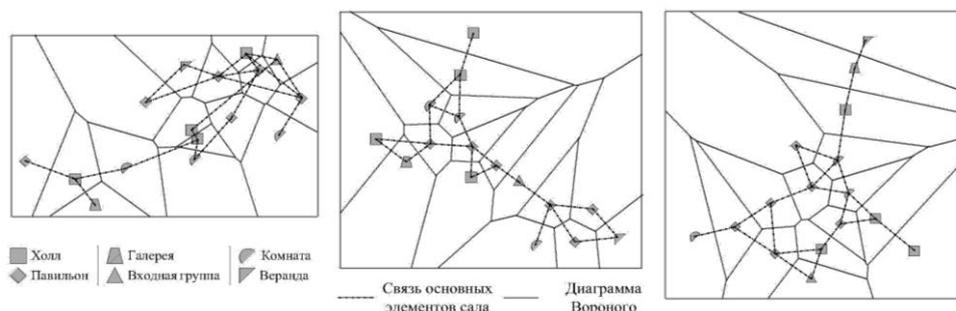


Рис. 3. Генерированные структуры с помощью второго метода (изменение связей)

Использование методов 3, 4 и 5 может иметь различные результаты. На рис. 4 показаны варианты, которые невозможно применить к планировке сада или иного рекреационного сооружения. Из-за случайного генерирования компьютер распределяет некоторые элементы плотно, с большим количеством пересечений связей, что трудно реализовать на практике. Некоторые объекты могут располагаться на большом расстоянии от остальных, что мы видим на двух примерах.

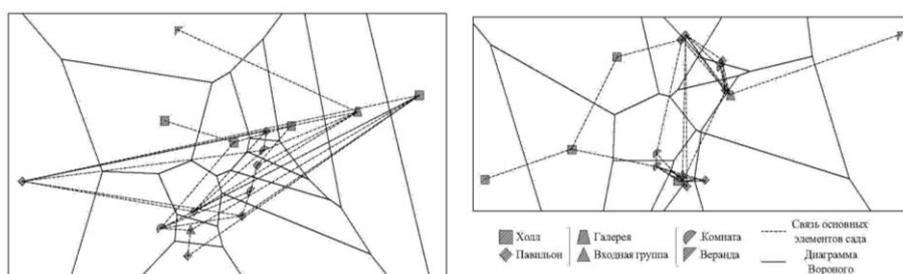


Рис. 4. Непланарные генерированные структуры, созданные с помощью четвертого и пятого методов

Использование этих методов может давать и вполне реалистичные модели (рис. 5). В данных примерах сохранены как элементы, так и связи между ними, полностью соответствуя Саду культивации. Но их пространственное представление различно. Сравнивая все полученные генерации, можно отметить, что только вариант, созданный с помощью третьего метода, является наиболее схожим с первоисточником.

Правый пример имеет более логичную, понятную и цикличную структуру, что сразу определяет расположение водоема в центральной части схемы. Но некоторые из элементов расположены так, что их связи пересекаются, и реализовать такую схему будет весьма проблематично при остальных досто-

инствах. У левого варианта отсутствует цикличная структура, но имеются предпосылки к ней. Аналогичное планировочное решение, когда в саду отсутствует круговая дорожка вокруг водоема, можно встретить в Саду мастера рыбацких сетей [18]. Несмотря на имеющееся пересечение связей, этот пример будет реализовать гораздо проще. Данное графоаналитическое представление было использовано для дальнейшей разработки и создания плана сада.

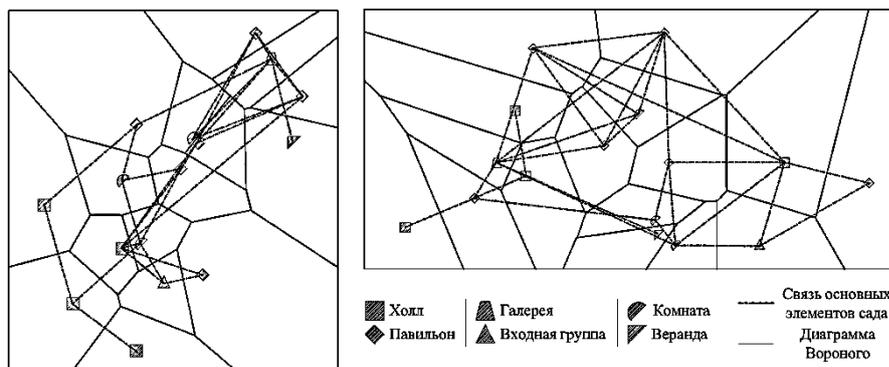


Рис. 5. Генерированные структуры, которые были созданы с помощью третьего метода

Создание плана на основе графоаналитической схемы

Весь процесс можно разделить на несколько этапов, первый – это определение границ участка и распределение застройки (рис. 6). Уже при создании планировки сада на основании сгенерированной структуры на архитектора накладываются ряд ограничений, которые также помогают ему в дальнейшем создать проект. Основные – это характеристика элементов, к примеру, холл и комната в традиционном саду очень редко расположены как отдельно стоящие здания, соответственно, они будут формировать пятно застройки. Чего нельзя сказать о павильонах, которые чаще строятся в живописных частях усадьбы, они являются центрами зеленой зоны, создавая вокруг себя среду, и в то же время являются доминантами ландшафта, это проявляется как в расположении на возвышенности (на холме), так и в различных формах береговой линии. И все же основным формообразующим фактором являются связи, они создают динамичное восприятие пространства, открывая панорамные виды на постройки комплекса. Распределение на объекты дает первоначальное понимание размещений функций в пространстве, но связи придают форму этим функциям и среде. Порой для коммуникации двух элементов приходится прокладывать новые пешеходные дорожки, менять границы водоема или конфигурацию застройки. Используя данную схему, на основании расположения элементов и их связей можно сделать вывод, что левая часть – жилая зона, из-за большой концентрации холлов и комнат, которые также расположены на большом расстоянии. В правой части сгенерировались павильоны, веранда, галерея и несколько комнат, что является более традиционным набором для зоны сада, нежели левая часть структуры. Ввиду отсутствия конкретного

участка для проектирования границы территории будут заданы произвольно. В центре правой части расположена пустая зона, в которой будет размещён пруд. Несмотря на кажущуюся простоту графоаналитической схемы, соблюдение связей является большой проблемой, т. к. программа хаотично расставляет элементы и в алгоритме отсутствуют пространственные ограничения, которые способствовали бы более корректной генерации архитектурных моделей. С другой стороны, этот путь ставит архитектора перед сложными задачами, заставляя придумывать обходные пути различных объектов с помощью галерей и дорожек вдали от основных маршрутов, а также разделяя пространства с помощью ландшафтных объектов.

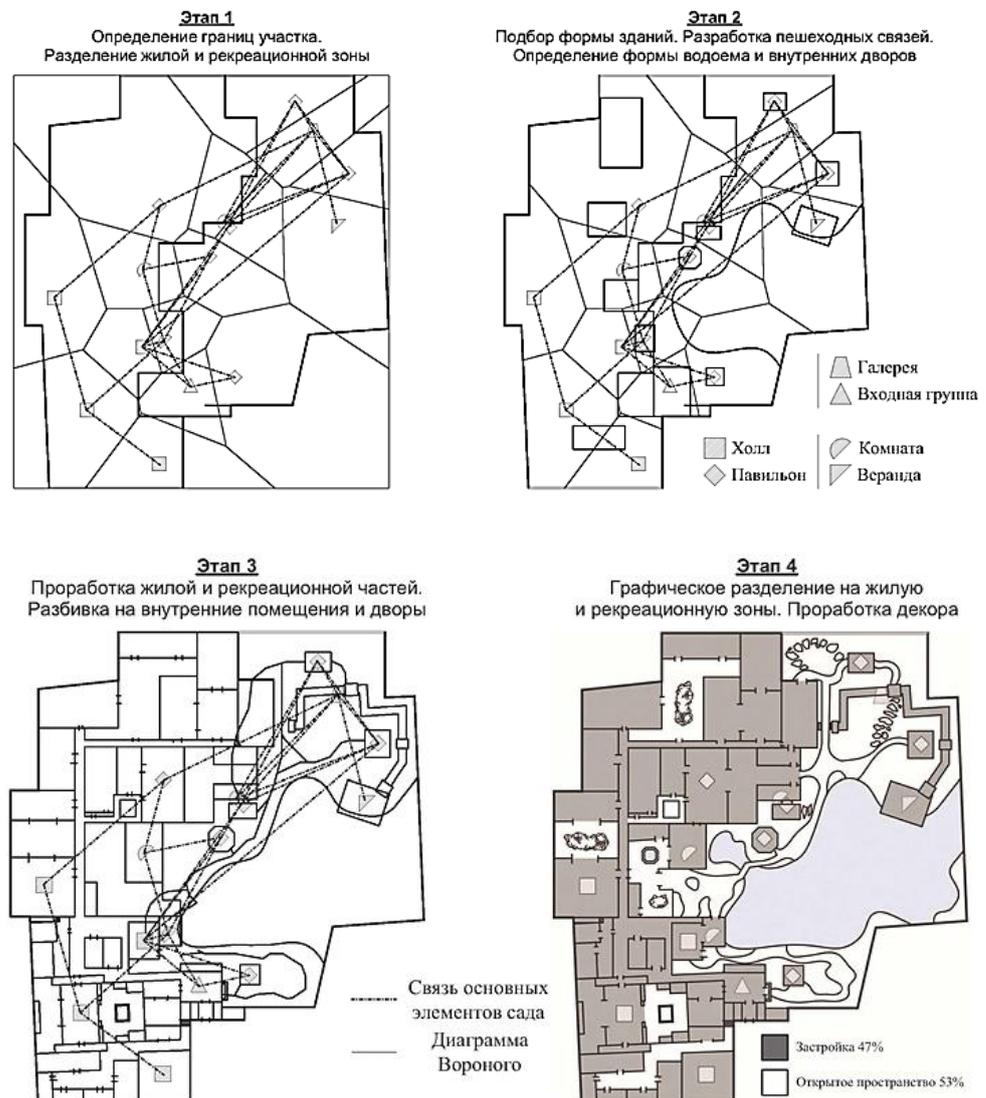


Рис. 6. Поэтапное создание планировки из графоаналитической модели

Следующим этапом после придания формы основным элементам и создания пешеходных путей является определение стиля дорожек, небольших площадок и внутренних двориков, оформление границ водоема, не говоря уже об общем архитектурном единстве сооружений. Некоторые планировочные решения в виде формы построек и ландшафтного наполнения были заимствованы в первую очередь из Сада культивации, а также из наиболее известных садов г. Сучжоу. В данной работе был создан только генеральный план как итоговый продукт процесса генерации. При дальнейшем проектировании, выборе материалов, архитектурного стиля и прочих деталей сада неизбежны корректировки, но в любом случае у архитектора будет первоначальная схема, на которую можно опираться и выстраивать дальнейшую проектную деятельность.

Заключение

В результате работы был исследован Сад культивации, создано его графоаналитическое представление, разработан скрипт для генерации новых графов сада и рассмотрены варианты планировочных схем. На этом этапе также показано и несовершенство данной системы в виде нежизнеспособных вариантов графа, а также видна роль человека, который благодаря своим знаниям и опыту может отобрать результат, наиболее схожий с оригиналом. Тем не менее скрипт позволяет сэкономить большое количество времени при переборке различных вариантов расположения и связей элементов, на которые человек бы потратил не один час.

Пять описанных инструментов генерации в данном скрипте могут суммарно создать более 1 000 000 графоаналитических моделей, но далеко не все могут быть применимы на практике. Ф. Сидман рассчитывал количество компоновочных вариантов с различным набором элементов. Так, к примеру, модель из 10 элементов может иметь 423 724 компоновочных варианта, в данном случае говорится не о размерах и расположении элементов, а о вариациях их связи между собой [17]. При этом количество версий, которые можно использовать как реальную планировку, составляет 4655. Возвращаясь к примеру Сада культивации, где число элементов в системе 16 и даже количество планарных примеров компоновки такой модели будет более 10 000 вариантов, следует задать вопрос, сколько вариантов из полученных можно использовать как эскизную схему для частного китайского сада и что именно отличает компоновку исследуемого сада от остальных, кроме визуального представления модели? Разобранный в статье пример отображает лишь набор элементов, связность и пространственные свойства исследуемого участка, что является далеко не всем набором характеристик традиционного частного китайского сада. Полученный результат в виде планировки визуально соответствует оригиналу и имеет схожие пропорции в отношении застройки (47 %) и открытых зон (53 %), у Сада культивации 43 % застройки и 57 % зеленых зон. Но это далеко не все параметры, по которым пространство может считаться схожим с аналогом, особенно относительно культовых сооружений. Результат исследования показывает возможность цифрового анализа ландшафтных объектов с помощью графоаналитической схемы и дальнейшего генерирования и создания планировки. Даже с вышеупомянутыми ограничениями это уже является видимым результатом, который будет в дальнейшем совершенствоваться.

Конечно, начинать проектирование надо с анализа участка, с последующим распределением функциональных зон, именно так и делались традиционные частные сады, где первоначально учитывается водоем и ландшафтные особенности. А уже после используются Багуа, Лошу и прочие инструменты, трактаты и законы сада, имитация которых представлена в статье. Тем не менее не стоит отрицать возможность создания планировки, как первоочередного этапа всей схемы, в соответствии со всеми требованиями, под которую уже впоследствии будет изменен участок. Это дает актуальность текущему исследованию и возможность генеративному проектированию считаться основным из инструментов планирования.

Дальнейшие разработки по теме будут проходить в двух направлениях: выявление ограничений для скрипта таким образом, чтобы он сам отсеивал варианты, непригодные к реализации. И написание скрипта, автоматически создающего из графоаналитического представления модель объекта таким образом, чтобы автор мог видеть конечный результат сгенерированной планировки в различных вариациях, а не схему элементов и связей между ними.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Айтель Э.* Фэншуй – наука китайской древности / пер. с англ. М.Е. Ермакова. Санкт-Петербург : Петербургское востоковедение, 1988. 272 с.
2. *Витрувий М.* Десять книг об архитектуре. Москва : Архитектура-С, 2006 (1936). 327 с.
3. *Иконников А.В.* Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. Москва : URSS, 2006. 352 с.
4. *Иконников А.В.* Художественный язык архитектуры. Москва : Искусство, 1985. 175 с.
5. *Карабцев С.Н., Стуколов С.В.* Построение диаграммы Вороного и определение границ области в методе естественных соседей // Вычислительные технологии. 2008. № 3. С. 65–80.
6. *Лао-Цзы* (6–5 вв. до н. э.). Дао-Дэ Цзин, или Трактат о пути и морали / пер. с древнекит. Л.И. Кондрашовой. Москва : РИПОЛ классик, 2003. 222 с. ISBN 5-7905-1849-4.
7. *Лучкова В.И.* Пятнадцать задач по архитектурной семиотике. Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. 49 с.
8. *Мельников И.* Фэншуй. Основные принципы. Litres, 2017. 238 с.
9. *Целуйко Д.С.* The research of the elements and planning structure of the Chinese garden. Using result to create a sketch design // Город: пространства коммуникаций : материалы Двадцать четвертого Межуниверситетского симпозиума по проблемам крупных азиатских городов. 2019. С. 253–262.
10. *Целуйко Д.С.* Анализ частных садово-парковых комплексов исторического центра города Сучжоу // Учёные записки отдела Китая. Вып. 29 : 49-я научная конференция «Общество и государство в Китае». Москва : Институт востоковедения РАН, 2019. Т. LIX. С. 476–484.
11. *Чинси Л.* Классические сады и парки Китая. Межконтинентальное изд-во Китая, 2003. 154 с.
12. *Шевелев И.Ш.* Основы Гармонии. Визуальные и числовые образы реального мира. Москва : Луч, 2009. 360 с.
13. *Шубенков М.В.* Структура архитектурного пространства : диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры : 18.00.01. Москва, 2006. 335 с.
14. *Bondy J., Murty U.* Graph Theory with Applications. Elsevier Science Ltd/North-Holland, 1976. 264 p.
15. *Li Z.* The Classical Gardens of Suzhou. Shanghai Press and Publishing Development Company, 2006. 192 p.
16. *Nourian P., Rezvani S., Sariyildiz S.* A syntactic architectural design methodology: Integrating real-time Space Syntax analysis in a configurative architectural design process // Conference: 9th Space Syntax SymposiumAt: Seoul, South Korea. 2013. P. 1–15.

17. *Steadman Ph.* The Evolution of Designs Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts. Cambridge University Press, 1979. 302 p.
18. *Stewart R. Johnston.* Scholar gardens of China: a study and analysis of the spatial design of the Chinese private garden. Cambridge : Cambridge University Press, 1991. 351 p.
19. *Tseluiko D.S.* Garden space. Morphotypes of private gardens of Jiangnan region // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 775. Pt. 1. P. 1–7. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/775/1/012058/pdf>
20. *Tseluiko D.S.* Influence of Shamanism, Taoism, Buddhism and Confucianism on development of traditional Chinese gardens // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 687. Pt. 1. P. 1–6. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/5/055041/pdf>
21. *Tseluiko D.S.* Space structure features of the Garden of Cultivation in the context of traditional private gardens of Suzhou // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 775. Pt. 1. P. 1–6. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/775/1/012077/pdf>

REFERENCES

1. *Eitel E.J.* Fenshui – nauka kitaiskoi drevnosti [Feng-shui, or the rudiments of natural science in China]. Saint-Petersburg: Peterburgskoe vostokovedenie, 1988. 272 p. (transl. from Engl.)
2. *Vitruvius Pollio M.* Desyat' knig ob arkhitekture [The ten books on architecture]. Moscow: Arkhitektura-S, 2006. 328 p. (transl. from Lat.)
3. *Ikonnikov A.V.* Prostranstvo i forma v arkhitekture i gradostroitel'stve [Space and form in architecture and urban planning]. Moscow, 2006. 352 p. (rus)
4. *Ikonnikov A.V.* Khudozhestvennyi yazyk arkhitektury [Artistic language of architecture]. Moscow: Iskusstvo, 1985. 175 p. (rus)
5. *Karabtsev S.N., Stukolov S.V.* Postroenie diagrammy Voronogo i opredelenie granits oblasti v metode estestvennykh sosedei [Construction of the Voronoi diagram and determination of the boundaries of the region in the method of natural neighbors]. *Vychislitel'nye tekhnologii.* 2008. No. 3. Pp. 65–80. (rus)
6. *Lao Tzu* (6–5 centuries BC). Tao-Te Ching, or treatise on the way and morality. Moscow: RIPOl klassik, 2003. 222 p. (transl. from Chin.)
7. *Luchkova V.I.* Pyatnadsat' zadach po arkhitekturnoi semiotike [Fifteen tasks on architectural semiotics]. Khabarovsk, 2012. 49 p. (rus)
8. *Melnikov I.* Fenshui. Osnovnye printsipy [Feng Shui. Basic principles]. Liters, 2017. 238 p. (rus)
9. *Tseluiko D.S.* [Elements and planning structure of the Chinese garden. Using result to create a sketch design]. In: Gorod: prostranstva kommunikatsii: materialy Dvadsat' chetvertogo Mezhuniversitetskogo simpoziuma po problemam krupnykh aziatskikh gorodov (*Proc. 24th Univ. Symp. 'The City: Spaces of Communication'*). 2019. Pp. 253–262. (rus)
10. *Tseluiko D.S.* Analiz chastnykh sadovo-parkovykh kompleksov istoricheskogo tsentra goroda Suzhou [Analysis of private garden and park complexes in the historical center of Suzhou]. In: Uchenye zapiski otdela Kitaya. Vyp. 29: 49-ya nauchnaya konferentsiya “Obshchestvo i gosudarstvo v Kitae” (*Proc. 49th Int. Sci. Conf. 'Chinese Society and Government'*). 2019. No. 29. V. XLIX. Pp. 476–484. (rus)
11. *Chinsi L.* Klassicheskie sady i parki Kitaya [Classical Chinese gardens]. *Mezhkontinental'noe izd. Kitaya.* 2003. 154 p.
12. *Shevelev I.Sh.* Osnovy Garmonii. Vizual'nye i chislovye obrazy real'nogo mira [Fundamentals of Harmony. Visual and numerical images of the real world]. Moscow: Luch, 2009. 360 p. (rus)
13. *Shubenkov M.V.* Struktura arkhitekturnogo prostranstva: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora arkhitektury [The structure of architectural space. DSc Thesis]. Moscow, 2006. 335 p. (rus)
14. *Bondy J.U.* Murty Graph theory with applications. North-Holland: Elsevier Science Ltd., 1976. 264 p.
15. *Li Z.* The classical gardens of Suzhou. Shanghai Press and Publishing Development Company, 2006. 192 p.

16. *Nourian P., Rezvani S., Sariyildiz S.* A syntactic architectural design methodology: Integrating real-time Space Syntax analysis in a configurative architectural design process. *Proc. 9th Conf. 'Space Syntax Symposium'* Seoul, South Korea, 2013. Pp. 1–15.
17. *Steadman Ph.* The evolution of designs biological analogy in architecture and the applied arts. Cambridge University Press, 1979. 302 p.
18. *Stewart R.J.* Scholar gardens of China: A study and analysis of the spatial design of the Chinese private garden. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 351 p.
19. *Tceluiko D.S.* Garden space. Morphotypes of private gardens of Jiangnan region. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. V. 775. Pp. 1–7.
20. *Tceluiko D.S.* Influence of Shamanism, Taoism, Buddhism and Confucianism on development of traditional Chinese gardens. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. V. 687. Pp. 1–6.
21. *Tceluiko D.S.* Space structure features of the Garden of Cultivation in the context of traditional private gardens of Suzhou. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. V. 775. Pp. 1–6.

Сведения об авторе

Целуйко Дмитрий Сергеевич, ст. преподаватель, Тихоокеанский государственный университет, 680042, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская 136, Dima123117@gmail.com

Author Details

Dmitrii S. Tceluiko, Senior Lecturer, Pacific National University, 136, Tikhookeanskaya Str., 680035, Khabarovsk, Russia, Dima123117@gmail.com