

УДК 72.021

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ*А. А. Бешшар, П. Я. Клименко*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Проанализированы несколько методов вычислительного проектирования в архитектуре, изучается эволюция их определений и предлагается обоснованная таксономия. Вычислительное проектирование рассматривается в контексте проектирования зданий. Цель этого исследования связать между собой методы вычислительного проектирования, а также их структурировать для дальнейшей оценки целесообразности их применения в зависимости от задачи.

Ключевые слова: вычислительное проектирование (ВП), параметрическое проектирование (ПП), генеративное проектирование (ГП), алгоритмическое проектирование (АП), термин, цифровое проектирование (ЦП).

COMPARISON OF COMPUTATIONAL DESIGN METHODS IN ARCHITECTURE*A. A. Beshshar, P. Ya. Klimenko*

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

The article analyzes several methods of computational design in architecture, studies the evolution of their definitions and finds a reasonable taxonomy. Computational design is considered in the context of building design. The purpose of this study is to link computational design methods together, as well as to structure them, in order to further assess the feasibility of their application depending on the task.

Keywords: computational approach, parametric design, generative design, algorithmic design, term, digital design.

Введение. В последние десятилетия вычислительные подходы в проектировании быстро стали популярными среди архитекторов и других дизайнеров. Специалисты в области проектирования и исследователи использовали различные термины для обозначения вычислительных подходов. Однако некоторые термины используются неоднозначно и непоследовательно, а для выражения одного и того же понятия обычно используются разные термины. В данной работе изучены методы вычислительного проектирования и предлагается обоснованная таксономия для набора ключевых терминов вычислительного проектирования, а именно параметрического, генеративного и алгоритмического проектирования. На основе обзора литературы были проанализированы определения разных авторов.

Основная часть. В результате принятия вычислительного проектирования в архитектуре появилось несколько терминов для различных подходов. Однако в существующей литературе имеются несоответствия в определениях некоторых терминов, относящихся к вычислительному проектированию, в основном из-за их перекрывающихся областей применения [1]. Данная работа направлена на предложение хорошо структурированной таксономии для этих терминов, то есть системы для наименования и организации их определений. Такая таксономия стремится к консенсусу, который предотвращает непоследовательное использование определенных терминов. Для достижения этой цели методология данной работы требует статистического анализа использования этих терминов в литературе. Такой анализ служит руководством к развитию предлагаемой таксономии, которая ограничивает концептуальные и функциональные рамки каждого термина вычислительного проектирования, избегает эквивалентного использования различных терминов и разъясняет возможные комбинации между ними. Таким образом, эта работа состоит из трех основных этапов:

1. Определение наиболее подходящих терминов вычислительного проектирования.
2. Сбор и изучение эволюции определений.
3. Предложения для последовательной и надежной таксономии.

Методология. Для достижения поставленных целей исследования необходимы:

1. Анализ существующей литературы по вычислительному проектированию. Необходимо выбрать наиболее часто используемые термины в литературе, которые заслуживают пояснения, например, термины с эквивалентным употреблением.
2. Сбор и сравнение определений терминов. Необходимо проанализировать эволюцию каждого термина с точки зрения частоты использования и определения, выделив найденные сходства и различия.
3. Вывод на основе результатов предыдущих задач по разработке предлагаемой таксономии.

Вычислительное проектирование в архитектуре. Первые попытки закрепить ВП в архитектуре были предприняты в 1970-х годах. В 80-х годах вычислительное проектирование стало узнаваемой и принятой областью архитектуры, в основном из-за коммерциализации первых инструментов САПР (А. Koutamanis, 2005) [2].

Некоторые авторы определяют вычислительное проектирование как подход, основанный на использовании цифровых инструментов, таких как программы САПР для разработки проектных решений, и поэтому считают вычислительное проектирование эквивалентом цифрового проектирования. Хотя использование компьютеров в вычислительном проектировании имеет первостепенное значение, существует открытая дискуссия о том, какие процессы цифрового проектирования составляют вычислительное проектирование. Некоторые авторы считают, что вычислительное проектирование требует использования возможностей компьютера в процессе проектирования. Например, Р. Охман в своей книге «Теория и Дизайн в первом цифровом веке» (2006) предположил, что термин вычислительное проектирование применяется к процессам проектирования, которые полностью используют компьютеры из-за их вычислительных возможностей, вместо того, чтобы использовать их в качестве электронных чертежных досок [3]. К. Kostas Terzidis в книге «Алгоритмическая архитектура» (2006) расширил понятие вычислительного проектирования, рассматривая его как полный процесс, который приводит к конечному результату с помощью цифровых инструментов.

В некоторых процессах компьютеры используются только для черчения или других репрезентативных целей, а в других действительно используются преимущества их вычислительных возможностей, таких как создание, предоставление информации или управление процессом проектирования с помощью алгоритмических или вычислительных процедур [4]. Таким образом, вычислительное проектирование — это процесс проектирования, который использует вычислительные возможности посредством следующих действий:

1. Автоматизация процедур проектирования на основе:
 - 1.1. Дедукции, то есть применения преобразования к элементу, зная его результат (А. Chokhachian, 2014);
 - 1.2. Индукции, то есть экстраполяции требуемого процесса проектирования для получения конкретного результата (А. Chokhachian, 2014);
 - 1.3. Абстракции, которая понимает основные особенности дизайна, удаляя нерелевантную информацию.
2. Распараллеливание проектных задач и эффективное управление большими объемами информации.
3. Быстрое и гибкое внедрение и распространение изменений.

4. Помощь проектировщикам в процессах поиска форм с помощью автоматической обратной связи, например, результатов моделирования картографии.

Условия вычислительного проектирования. Параметрическое проектирование (ПП) является наиболее популярным термином, за которым следует генеративное проектирование (ГП). В литературе представлены случаи эквивалентного использования ПП, ГП и АП, хотя и с меньшей частотой последнего. Эти термины часто используются параллельно и их часто путают друг с другом.

Таксономия терминов вычислительного проектирования. Чтобы прояснить ПП, ГП и АП, была проанализирована эволюция каждого термина и существующие определения, чтобы предложить последовательную таксономию.

1. Параметрическое проектирование.

1.1. Историческая эволюция:

Luigi Walter Moretti (1971) определил параметрическую архитектуру как исследование «отношений между размерами» конструкции на основе параметров [5]. Kalay, Yehuda E. (1989) расширил определение Моретти, рассматривая параметрическое моделирование как вычислительное представление геометрических отношений, которые «автоматически обновляются и визуализируются на экране» при изменении параметра [6]. Javier Monedero (1997) придерживался аналогичной точки зрения, сосредоточив внимание на отношениях между параметрами формы [7]. Позже Peter Szalapaj (2001) описал это как «использование геометрических ограничений, а также размерных отношений и данных» для определения формы [8]. Branko Kolarevic (2003) определил ПП как процесс, посредством которого «объявляются параметры конкретной конструкции, а не ее форма», что позволяет реализовать несколько решений при сохранении общей согласованности [9].

1.2. Определение параметрического проектирования:

Оксфордский словарь определяет параметр как «числовой или другой измеримый фактор, составляющий один из набора, который определяет систему или устанавливает условия ее работы», или как «предел, который определяет объем конкретного процесса или деятельности», а слово «параметрический» как «относящееся к параметру или параметрам, или выраженное через них». ПП также относится к парадигме BIM, поскольку последняя использует концепции ассоциативной геометрии и топологических отношений ПП (D. J. Gerber, E. Pantazis, 2016, R. Oxman, 2017, R. Oxman, 2006, Z. C. Qian, 2009), которые устанавливают зависимости между различными элементами дизайна [10].

Следовательно, ПП — это подход, который символически описывает проект, основанный на использовании параметров.

2. Генеративное проектирование.

Генеративное проектирование обычно встречается рядом с параметрическим проектированием. В литературе также рассматриваются генеративные системы и модели в рамках генеративного проектирования.

2.1. Историческая эволюция:

В конце 1970-х годов Митчелл описал системы генеративного проектирования как устройства, способные генерировать потенциальные решения данной проблемы. В последующие два десятилетия в литературе мало внимания уделялось ГП. В начале 21 века T. Fischer, S. M. Herr (2001) определили ГП как подход к дизайну, при котором «в процессе проектирования дизайнер взаимодействует с материалами и продуктами не напрямую, а через какую-то систему генерации». Для S. M. Herr (2002) генеративная система относится к автоматизированным генеративным системам, которые обычно разрабатываются архитекторами, что отражает уникальность проблем

архитектурного проектирования. По мнению L. Caldas (2008), эти системы основаны на эволюции и ищут пространство для проектирования решений, отвечающих формальным требованиям и требованиям производительности. J. McCormack, A. Dorin, T. Innocent (2004) определил ГП как исследование «принципа создания сложных форм и паттернов из простой спецификации». A. v. d. Zee, B. d. Vrie (2008) пошли дальше, заявив, что ГП может «находить решения сложных проблем», которые вряд ли могут быть найдены с помощью традиционных процедур решения проблем. Согласно M. Bernal, J.R. Naumaker, C. Eastman (2015), ГП допускает «очевидно творческие результаты, поскольку каждая новая комбинация параметров дает возможность искать появление новых свойств или возможностей из полученной композиции». Согласно A. Chaszar, S.C. Joysce (2016), ГП преодолевает недостатки традиционных методов ручного проектирования, «используя вычислительную мощность для решения проблем скорости и точности, а также сложности» и повышая изобретательность, поскольку это увеличивает «количество вариантов дизайна» и «Диапазон вариаций», который включает «счастливые случайности», то есть неожиданные результаты, положительно влияющие на процесс проектирования.

2.2. Определение генеративного проектирования:

Кембриджский словарь определяет генеративность как «способность производить или создавать что-либо». Некоторые авторы рассматривают такие подходы, как алгоритмическая генерация, клеточные автоматы, эволюционные методы, генеративные грамматики и грамматики форм, L-системы, самоорганизация, агент-ориентированные модели и системы роя, как часть ГП [10].

Проанализировав эти две точки зрения, авторы сделали вывод, что первая — ограничение ГП эволюционными процессами — является узкой, поскольку исключает другие методы, которые также генерируют дизайн. Более того, ГП необходимо отличать от других терминов, таких как ПП. Таким образом, мы определяем ГП как парадигму проектирования, которая использует алгоритмические описания, которые более автономны, чем ПП.

3. Алгоритмическое проектирование.

В литературе объем термина АП частично совпадает с термином ПП и ГП, что приводит к некоторым несоответствиям в определении АП. Например, некоторые авторы заявляют, что АП включает ГП (F. a Bukhari, 2011), другие упоминают, что АП и ГП представляют собой один и тот же подход (R. Garber, 2014, H. Humpri, 2015), тогда как другие рассматривают АП как подход, зависящий от инструментов ПП (M.A. Zboinska, 2015). В этом разделе предлагается более четкое определение АП.

3.1. Историческая эволюция:

K. Terzidis, 2004, K. Terzidis, 2003 определили АП как подход, основанный на описании компьютерных программ, которые «генерируют пространство и форму из логики, основанной на правилах, присущей архитектурным программам, типологиям, строительному кодексу и самому языку». Таким образом, АП позволяет дизайнерам включать «вычислительную сложность и творческое использование компьютеров» (K. Terzidis, 2003) в рабочий процесс проектирования. Согласно N. Queiroz, C. Vaz (2015), АП позволяет «пользователю проектировать напрямую, манипулируя кодом», тем самым уменьшая ограничения существующих приложений моделирования. Точно так же H. Humpri, T. Österlund (2016) описали АП как процесс управления формой здания с помощью пользовательских сценариев. R. Oxman (2017) определил АП как кодирование «явных инструкций» для создания «цифровых форм». Для M. A. Zboinska (2015) АП — это парадигма проектирования, основанная на инструментах ПП для создания сложных геометрических фигур, «используя относительно простые правила и отношения».

3.2. Определение алгоритмического проектирования:

Алгоритмическое проектирование — это процесс проектирования, основанный на алгоритмах. Согласно Кембриджскому словарю, алгоритм — это «набор математических инструкций или правил, которые ... помогут вычислить ответ на проблему». Таким образом, АП становится трудно отличить от ГП. Фактически, некоторые авторы считают эти термины синонимами (R. Garber, 2014, H. Humppri, 2015), заявляя, что типичные примеры ГП, такие как стохастический поиск, L-системы, клеточные автоматы, генетические алгоритмы и эволюционный дизайн, также являются АП (F. a Bukhari, 2011, K. Terzidis, 2003, K. Terzidis, 2004).

В АП существует корреляция между алгоритмом и сгенерированной моделью, что обеспечивает прослеживаемость и позволяет пользователю идентифицировать части алгоритма, которые сгенерировали данную часть модели. В некотором смысле в АП алгоритм изоморфен модели.

Согласно этому определению, АП является подмножеством ГП, в котором разработка алгоритмов фокусируется на предполагаемом дизайне за счет получения меньшего количества неожиданных результатов. Тем не менее, он обеспечивает более точный контроль, облегчая выполнение задач по отладке и обслуживанию.

Заключение. Постепенное присвоение терминов, связанных с ВП, разными авторами привело к различным определениям в зависимости от контекста и периода времени. Следовательно, между терминами существует значительное перекрытие области применения, что является корнем неоднозначного использования некоторых терминологий, связанных с ВП, сообществом разработчиков. В настоящей работе сначала были определены релевантные, но непоследовательные термины ВП, а затем была установлена исходная систематика, которая является последовательной и способствует обсуждению в направлении общего консенсуса. Исследование показало, что критическими терминами являются ПП, ГП и АП. Авторы систематически проанализировали эти термины и предложили для них четкое и последовательное определение. Прослеживается историческая эволюция терминов, картируются различные точки зрения, встречающиеся в литературе, и обсуждаются существующие противоречия, двусмысленность и общие точки пересечения этих точек зрения. Результатом является таксономия ВП, которая дает четкое определение для каждого термина, объясняет, как они соотносятся друг с другом, разграничивает их конкретные области и отображает их возможные взаимодействия.

В итоге предлагаемая таксономия вводит следующие основные определения:

- ГП — это подход к проектированию, который использует алгоритмы для создания проектов.
- АП — это подход ГП, характеризующийся идентифицируемой корреляцией между алгоритмом и его результатом.
- ПП — это подход к проектированию, основанный на использовании параметров для описания наборов проектов.

Что касается объема и взаимосвязи между терминами, то АП является подмножеством ГП, то есть подход АП всегда является генеративным, но также требует прямой корреляции между алгоритмом и созданным дизайном. Когда эту корреляцию трудно установить, подход ГП не следует рассматривать как АП. ПП ортогонален АП и ГП. Следовательно, подходы ГП или АП могут быть параметрическими или использовать методы параметрического моделирования, но есть примеры ПП, которые не полагаются на генеративные подходы.

В будущем необходимо расширить сферу применения этой таксономии и включить другие соответствующие термины, относящиеся к ВП, такие как эволюционная архитектура,

перформативное проектирование и дизайн, основанный на производительности. Необходимо также контролировать объем терминов, постоянно исследуя их эволюцию.

Библиографический список

1. Сивцова, А. Словарный запас: параметризм / А. Сивцова // *Strelka mag* : [сайт]. — URL: <https://strelkamag.com/ru/article/vocabulary-parametricism> (дата обращения: 22.12.2021).
2. Вычислительное проектирование как средство формирования архитектурного объекта / А. Г. Гаврилов, А. А. Кривенко, В. К. Моор // Международный форум: Новые идеи нового века : [сайт]. — URL: <https://pnu.edu.ru/nionc/pub/articles/1260/> (дата обращения: 21.12.2021).
3. Паттерны в архитектуре и дизайне: учебное пособие для бакалавров направления подготовки 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды» программа «Проектирование городской среды» / Сост. М. И. Белов, А. С. Михайлова, Н. М. Надыршин. — Казань: «Дизайн-квартал», 2016. — 191с.
4. Lin, Eve Shih-Hsin Designing-in performance: Towards cloud based simulation and multidisciplinary design solution space search / Eve Shih-Hsin Lin, David Jason Gerber // ResearchGate — URL: https://www.researchgate.net/publication/236586633_Designing-in_performance_Towards_cloud_based_simulation_and_multidisciplinary_design_solution_space_search / (accessed: 23.12.2021).
5. Moretti, L. W. Ricerca Matematica in Architettura e Urbanisticâ. / L. W. Moretti, 1971. — Vol. 4 — P. 30–35.
6. Kalay, Y. E. Modeling Objects and Environments (Principles of Computer Aided Design) / Y. E. Kalay // New York: Wiley-Academy, 1989.
7. Monedero, J. Parametric design. A review and some experiences / J. Monedero // Proceedings of the 15th eCAADe Conference. — Vienna: Vienna University of Technology, 1997.
8. Szalapaj, P. CAD Principles for Architectural Design / Peter Szalapaj // Oxford: Architectural Press, 2001.
9. Kolarevic, B. Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing / B. Kolarevic // Spon Press, 2003.
10. Оксфордский словарь / Cambridge Dictionary : [сайт]. — URL: <https://dictionary.cambridge.org/ru/словарь/английский/oxford> (дата обращения: 23.12.2021).

Об авторах:

Бешшар Акрам Амекранович, магистрант кафедры «Архитектура» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), akram.bec.96@gmail.com

Клименко Пётр Яковлевич, доцент кафедры «Архитектура» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), pyklimenko@donstu.ru

About the Authors:

Beshshar, Akram A., Master's degree student, Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), akram.bec.96@gmail.com

Klimenko, Petr Ya., Associate professor, Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), pyklimenko@donstu.ru