

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В НОВЕЙШЕЙ АРХИТЕКТУРЕ

УДК 004.9:721.036

DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15119

М.С. Салех

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматриваются основные направления развития цифровых методов в архитектуре, приводятся характерные примеры архитектурных проектов, соответствующие каждому методу. Оценивается потенциал искусственного интеллекта и компьютерного зрения при решении творческих архитектурных задач. Исследование также посвящено анализу потребностей нового информационно-сетевого общества в контексте требований, предъявляемых к новейшей архитектуре. Статья рассматривает возможность достижения требований, предъявляемых новым обществом, только при внедрении в архитектурное проектирование новых технологий.¹

Ключевые слова: цифровые методы, алгоритмическое проектирование, генеративное моделирование, параметрическая архитектура, искусственный интеллект, компьютерное зрение

BASIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF DIGITAL DESIGN METHODS IN THE NEWEST ARCHITECTURE

M. Saleh

Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia

Abstract

This article discusses the main directions of the development of digital methods in architecture, provides typical examples of architectural projects that correspond to each method. The potential of artificial intelligence and computer vision in solving creative architectural problems is estimated. And also, the study is devoted to the analysis of the needs of the new information and network society in the context of the requirements for the latest architecture. The article considers the possibility of achieving the requirements of the new society only when introducing new technologies in architectural design.²

Keywords: digital methods, algorithmic design, generative methods, parametric architecture, artificial intelligence, computer vision

Цифровые методы берут свое начало со второй половины XX века, в то время, когда зарождалась цифровая революция, сопровождаемая постоянно развивающимися технологическими открытиями. Таким образом, вычислительные методы постепенно стали проникать во все отрасли и области (стороны) жизни человека. В новейшей истории заметна тенденция того, как современные цифровые методы стали

¹ **Для цитирования:** Салех М.С. Основные направления развития цифровых методов проектирования в новейшей архитектуре // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2020. – №2(51). – С. 351–361. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2020/2kvart20/PDF/19_saleh.pdf DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15119

² **For citation:** Saleh M. Basic Directions of Development of Digital Design Methods in the Newest Architecture. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2020, no. 2(51), pp. 351–361. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2020/2kvart20/PDF/19_saleh.pdf DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15119

задействованы почти во все части процесса архитектурного проектирования. Следовательно, разработка концепции, проектирование и возведение некоторых современных архитектурных объектов стало невозможным без применения определенных компьютерных методов и инструментов.

Актуальность данной темы заключается в анализе и структуризации основных направлений развития цифровых методов, инструментов и реализованных примеров в новейшей архитектуре.

Можно сказать о том, что новейшая цифровая архитектура подразумевает работу на стыке четырех основных наук: архитектуры, программирования, биологии и социологии. Архитектура в свою очередь, дает понятие об организации пространства с точки зрения композиционных приемов. Программирование берет на себя техническую часть вопроса, задавая целью быстро просчитать и выдать большое количество вариантов. Это в первую очередь инструмент экспериментирования, в который архитектор закладывает параметры и информацию [1]. Знания из биологии помогают архитектуре достичь более правильных параметров с точки зрения прочности, красоты и пользы, опираясь на природные законы и биомиметику, что в конечном итоге сделает архитектуру более экоустойчивой.

Социология в свою очередь напоминает нам о человеке, который будет пользоваться архитектурой, для этого нужно понимать, для кого создается здание, осознавать потребности и нужды представителей разных социальных групп. Цифровые революции порождают формирование нового типа социальных взаимосвязей и поведений, так например XXI век характерен стратегией развития под названием «Общество 5.0» или информационно-сетевым обществом, предшественником которого было постиндустриальное «Общество 4.0».

Если сравнивать различные типы общества, то «Общество 4.0» можно соотнести со следующими достижениями научно-технического прогресса: изобретение компьютера, начало процесса информатизации, индивидуальная оптимизация через применение ICT (информационно-коммуникационных технологий), эффективное использование природных ресурсов, поиск решений индивидуальных проблем, повышение эффективности отдельных отраслей. В свою очередь новейшее «Общество 5.0» отражает возникновение Интернета вещей и искусственного интеллекта, прогресса в области биотехнологий, началом процесса информатизации, оптимизацией общества через интеграцию киберпространства и физического пространства, использованием новых ресурсов (данных), решением сложных социальных проблем и обеспечением благополучия общества.

По словам испанского социолога Мануэля Кастельса: «Сетевое общество – это такое общество, в котором ключевые социальные структуры и деятельность его членов организованы вокруг сетей электронных коммуникаций» [2]. Потребности представителя современного общества постоянно меняются, таким образом, возникает проблема постоянно меняющихся функций здания, возрастает необходимость в многофункциональных и гибридных пространствах, а тенденция постоянного роста населения порождает проблему возведения большого количества новых жилых площадей. Социология ставит перед архитекторами новую задачу – обеспечение современных зданий необходимыми признаками и функциями, чтобы оно соответствовало требованиям современного общества. Из этого следует, достаточно очевидная гипотеза, что удовлетворение всех требований современного общества невозможно без применения современных информационных технологий.

Совокупность вышеперечисленных наук дает новые возможности создания ультрасовременных и комфортных зданий. Можно предположить, что основными предпосылками развития цифровых методов являлись постоянно развивающиеся технологии, проблема разработки устойчивой и экологичной архитектуры, возникновение

нового информационного общества, а также прогнозируемое событие, связанное с возникновением четвертой промышленной революции, характеризованное массовым внедрением киберфизических систем в производство и применением искусственного интеллекта.

В связи с этим возникает необходимость подробнее рассмотреть направления развития цифровых методов, их инструменты и примеры из новейшей архитектурной практики. Это позволяет выделить три основных направления цифровых методов: *параметрический*, *алгоритмический* и *генеративный*.

1. *Параметрический метод* проектирования исходит из того, что форма реагирует на внешние и внутренние условия и процессы и меняется, адаптируясь к ним. Основным инструментом такого метода являются анализ окружающей среды и алгоритмы, создающие форму по принципу, точка-линия-поверхность. Прототипом такой архитектуры можно назвать античный амфитеатр, так как он расположен в естественной впадине рельефа, имеет идеальную акустику и вмещает необходимое количество посетителей. Античный амфитеатр является примером статично адаптированного архитектурного объекта (рис. 1).



Рис. 1. Античный амфитеатр в Памуккале, II век нашей эры

В контексте параметрического проектирования стоит выделить динамически адаптированные объекты. Примером могут служить фасады здания Al Bahg в Абу Даби в ОАЭ, которые реагируют на движение солнца, не давая зданию перегреваться (рис. 2).

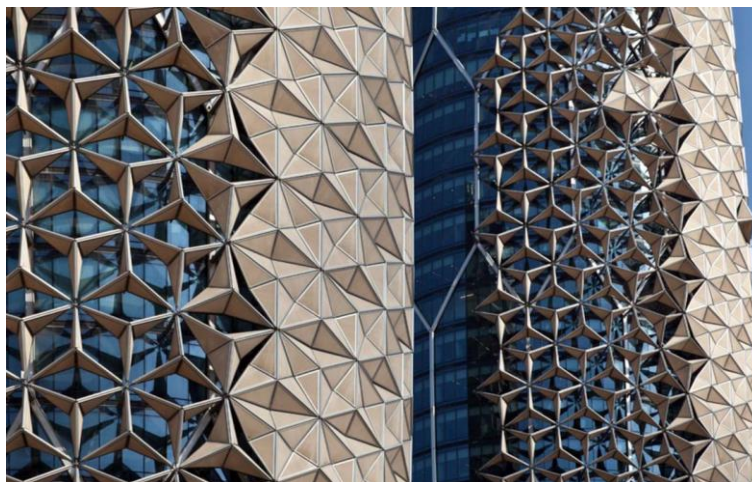


Рис. 2. Кинетические фасады башен Al Bahg в Абу Даби, ОАЭ, Aedas Architects Ltd, 2012

2. *Алгоритмический метод* (псевдопараметрический). Инструментом данного метода являются алгоритмы, зачастую применяется визуальный язык программирования Grasshopper в среде программы Rhinoceros [3]. Данный метод используется для поиска формы в компьютерной среде. Существуют отдельные компоненты (библиотеки скриптов) для определенных задач, таких как, разработка фасадных паттернов (Lunchbox), морфинг для создания формы.

Таким образом, алгоритмический метод представляет собой поиск формы от набора точек (в начале) до твердого тела (solid). Важным является то, что каждый параметр процесса может быть изменен на любом этапе и в реальном времени, что делает работу гибкой и обеспечивает высокую вариативность [4]. Примером может служить павильон Serpentine от Bjarke Ingels Group (рис. 3). Данный архитектурный объект является результатом поиска формы посредством алгоритмического формообразования, однако объект не адаптируется под окружающие изменения среды, что исключает его из разряда параметрических.



Рис. 3. Павильон Serpentine, архитектурное бюро BIG в Торонто, 2016

3. *Генеративное моделирование* использует машинное обучение для имитации в проектировании природного эволюционного подхода [5]. При генеративном проектировании архитекторы и инженеры вводят параметры формообразования (материал, размеры, вес, прочность, методы производства и ограничение по стоимости) в программное обеспечение, затем программа исследует все возможные комбинации и решения, быстро генерируя сотни или даже тысячи вариантов [6]. После этого архитекторы могут фильтровать и выбирать результаты, чтобы наилучшим образом удовлетворить требования технического задания.

Инструментом генеративного моделирования могут быть как обычные алгоритмы, так и искусственный интеллект (нейронные сети), кроме того, основной принцип решения архитектурных задач основывается на анализе некоторых природных процессов и их внедрении в проектирование и формообразование (биомиметика).

Генеративные методы моделирования можно разделить на следующие направления: *топологические оптимизации, генетические алгоритмы, симуляции, агентные системы.*

3.1. *Топологические оптимизации* представляют собой анализ и корректировку геометрии с точки зрения основных прочностных характеристик конструкции; деформации, влияние статических и динамических нагрузок, нормальных, поперечных сил, момента. Программа определяет участки конструкций, наиболее задействованные в работе, удаляя, не участвующие в работе части, таким образом, получается оптимизированная форма, отвечающая не только прочностным, но и экономическим требованиям. На рисунке приведен пример топологической оптимизации элемента конструкции с учетом нагрузки и опор, в результате нескольких итераций была получена новая форма (рис. 4).

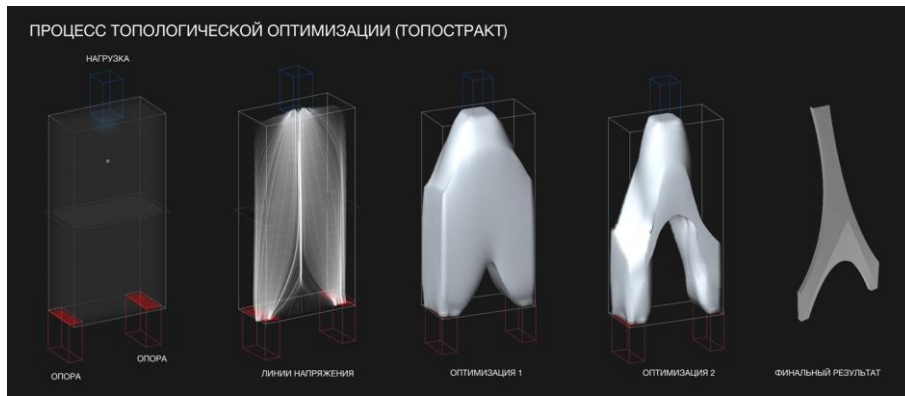


Рис. 4. Пример эксперимента с топологической оптимизацией IaaC, 2014

3.2. *Генетические алгоритмы* связаны с поиском решений задач или оптимизаций, исходящих из определенных параметров, на основе естественного отбора в природе [7]. В качестве примера можно привести исследование ученых из университета в Линкольне, которые разработали генетический алгоритм для создания многофункционального жилого комплекса (рис. 5). Основной задачей являлось создание такой формы здания, в которой максимальное количество апартаментов было бы ориентировано на береговую линию, тем самым увеличивалась цена за квадратный метр. Программа предоставила большое количество вариантов форм и планировок, а конечное решение в финальном виде здания было выбрано исходя из эстетических и экономических требований.

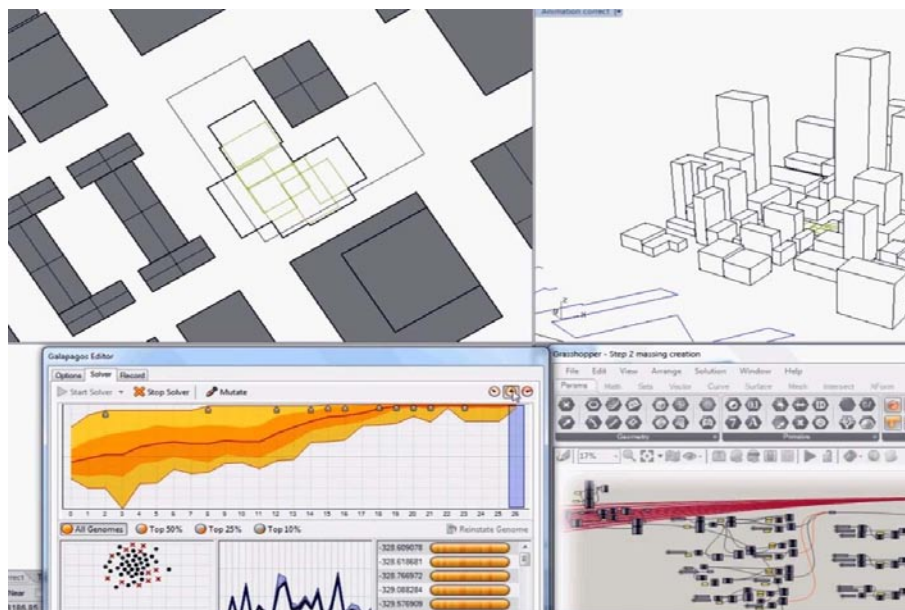


Рис. 5. Пример эксперимента в среде программы Rhino и Grasshopper. Многофункциональный жилой комплекс, Нейт Холланд, университет Небраски-Линкольна, 2011

3.3. *Компьютерные симуляции* в рамках архитектурного формообразования помогают понять и спрогнозировать различные характеристики здания, проверить форму на прочность, инсоляцию, акустику. Кроме того, некоторые архитектурные бюро используют симуляции в процессе поиска формы. Так, имитация дюн и движение по ним ветра вдохновило авторов проекта штаба квартиры в Шардже О.А.Э. от Zaha Hadid Architects (рис. 6).



Рис. 6. Проект штаба квартиры в Шардже О.А.Э. Zaha Hadid Architects, 2015

Примером применения симуляций для процесса формообразования также является павильон Fab Lab House 2010 IaaC (Институт Каталонии) (рис. 7). Авторы искали эффективную форму здания, которая позволяла бы солнечным батареям получать максимум энергии, а самому зданию — минимизировать теплопотери. Для того, чтобы получить её, команда архитекторов использовала различные типы анализа инсоляции (Shadow Studies, Annual, Average Annual, Daily Radiation Analysis). По результатам анализа принимались все ключевые решения на этапе проектирования. Дом создаёт под собой тень, не требует кондиционирования и с помощью солнечных батарей генерирует больше энергии, чем ему необходимо для эксплуатации [8].

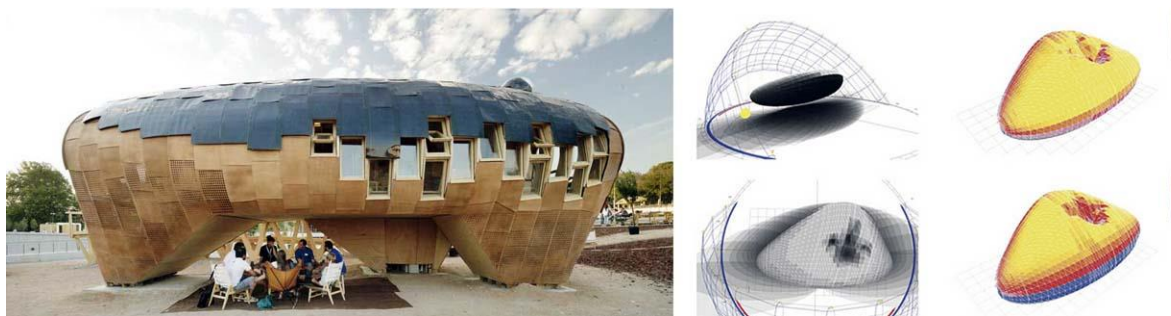


Рис. 7. Павильон Fab Lab House 2010 IaaC в Барселоне

3.4. *Агентные системы* образованы действием большого количества агентов, которые самоорганизуются, решают различные задачи на основе параметров и природных процессов [9]. Ярким примером применения агентных систем является проект моста «Башенный пирс» (рис. 8) архитектора Сатору Сугихара, который был разработан с использованием алгоритмов. Например, техника роевого интеллекта использовалась для создания выразительных, футуристических форм из металлического кабеля, а также в процессе проектирования применялись физические симуляции для оптимизации формы конструкций фермы.

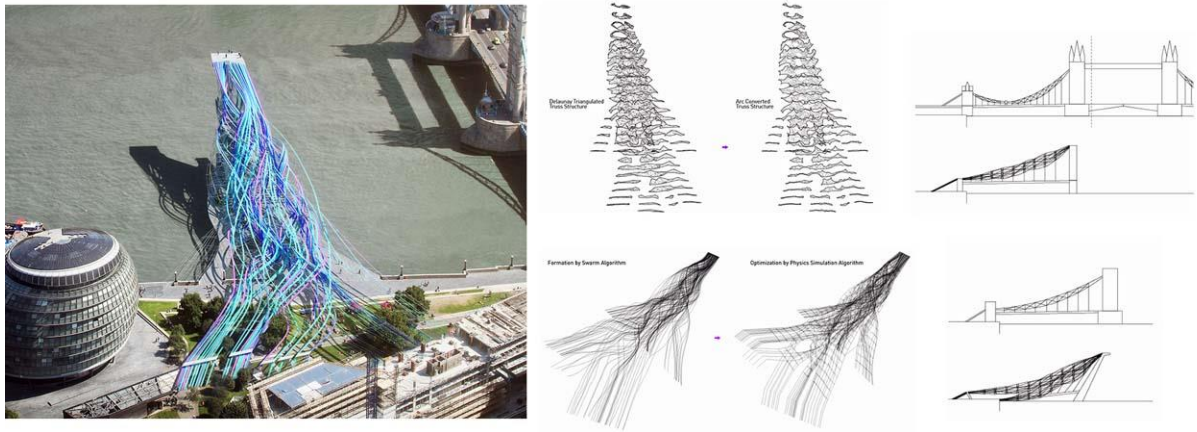


Рис. 8. Проект «Башенный пирс», архитектор Сатору Сугихара, 2012

Для решения более широкого круга творческих задач инструментарий цифровых методов постепенно пополняется более сложными алгоритмами – *сверточными нейронными сетями (искусственный интеллект)*, которые работают на основе глубокого машинного обучения. Одним из последних значимых воплощений сверточных нейронных сетей является компьютерное зрение [10], которое может помочь и распознать архитектурные элементы по фотографии, тем самым определив возможный стиль и эпоху объекта (рис. 9). Представленное исследование показывает применение компьютерного зрения для распознавания авторства различных объектов.

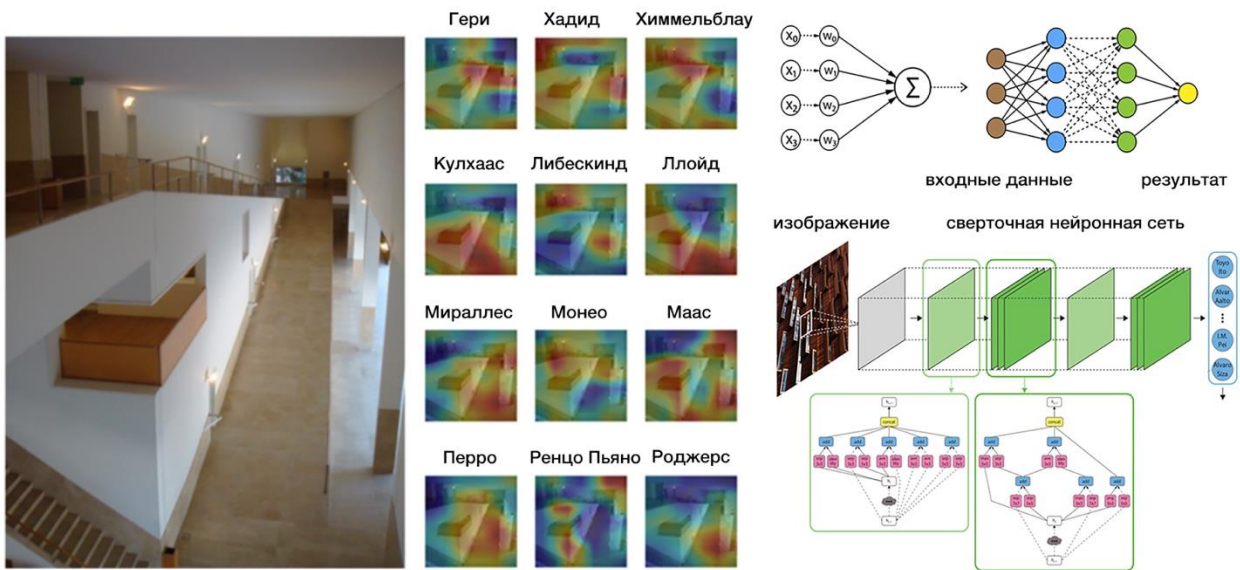


Рис. 9. Применение искусственного интеллекта для определения архитектора-автора по фотографии архитектурного объекта, Ян Кудзик, Гданьский политехнический университет, Польша, 2018

Важным является рассмотрение физического воплощения объектов, разработанных при помощи цифровых методов. Геометрия, полученная путем компьютерных оптимизаций или симуляций, зачастую представляет собой сложную структуру, которую почти невозможно создать привычными методами (макетирование, традиционное строительство). Основным инструментом создания таких сложных объектов является *прототипирование* (быстрая «черновая» реализация базовой функциональности для анализа работы системы в целом).

Прототипирование относится к области создания разномасштабных моделей в ходе работы над концепцией проекта. Такие модели могут быть разделены на три отдельные группы: концептуальные, используемые для формулирования идеи проектирования, исследовательские модели, используемые при анализе и оценке концепций проектирования и моделей презентации, которые являются частью финальной демонстрации концепции для заказчика. В результате концептуальные модели могут быть более абстрактными, а процесс их создания более специализированным. Аналогично, исследовательская модель может включать материал и точные размеры для оценки конкретных аспектов проектирования, таких как морфологические, конструктивные или функциональные. Наконец, модели презентации обычно содержат высокий уровень детализации и сходство с конечным проектом для понимания широкой публикой.

Физическая модель позволяет проводить непосредственный контроль проекта, и особенно полезна для изучения пространственной геометрии формы. Данные аспекты проекта, как правило, трудно различать в архитектурных изображениях, таких как эскизы, макеты, 3d модели и т.д. Следовательно, физическая модель сохраняет свою актуальность в процессе проектирования, несмотря на широкое распространение цифровых медиа, которые включили в себя почти всю совокупность изображений.

Современные подходы к прототипам, то есть моделям, как описано выше, базируются на использовании цифровых инструментов в процессе производства. Это позволяет воплощать архитектурные концепции любой сложности, которая является следствием интеграции вычислительной среды в архитектуру. Помимо способности реализовывать новые формы методами цифрового проектирования, инструменты прототипирования также позволяют повысить точность и скорость создания моделей. Можно утверждать, что создание прототипов с использованием инструментов цифрового производства обеспечивает физическую материализацию замысла, что актуально в контексте очевидной тенденции тяготения архитектурной формы к переходу в бестелесные форматы киберпространства (создание виртуальной реальности вместо целостного представления).

На данном этапе следует отметить, что прототипирование не ограничивается масштабными моделями, описанными выше. Существование непрерывного потока между проектированием и строительством посредством использования систем CAD позволяет архитекторам иметь опосредованный доступ к строительной площадке, создание имитации видения проектировщика-изготовителя, которое присутствует на всех этапах проектирования от концепции до строительства.

Современные методы прототипирования тесно связаны с внедрением цифровых инструментов в архитектурном проектировании. Помимо существования вычислительных средств проектирования, способных создавать и манипулировать сложными формами, прототипирование требует применения ряда станков с числовым программным управлением, например, фрезерные станки с ЧПУ, лазерная резка, 3D-принтеры, роботизированное производство и т.д. В контексте внедрения этих инструментов, вся концепция прототипов рассматривается с технической точки зрения, а не как вопрос проектирования. Другими словами, многие подходы фокусируются на деталях производственного процесса, а не на изучении архитектурных аспектов проекта. Можно утверждать, что эволюция прототипирования указывает на движение от того «как сделать» к тому «что делать». В то же время теряется авторство, в том смысле, что мы больше не описываем процессы, которые отражают концепцию проекта, но адаптируем их с целью соответствия доступным инструментам.

В любом случае, как уже упоминалось выше, информационные технологии позволяют создавать непрерывность в процессе проектирования от идеи до реализации, однако остается открытым вопрос: может ли архитектор сохранить целостный контроль над всеми различными аспектами и есть ли необходимость в фокусировании на конкретном этапе проектирования (рис. 10).



Рис. 10. Основные направления цифровых методов

Исходя из проведенного исследования, представляется возможным сделать несколько важных выводов, касающихся основных направлений развития цифровых методов, которые в свою очередь можно разделить на определенные категории:

1. Возможность внедрения процессов биомиметики в алгоритмы может повлиять на экологичность будущего здания.
2. Искусственный интеллект является наиболее перспективным направлением, так как с помощью компьютерного зрения в скором будущем можно будет частично решать творческие задачи, обучив, например, компьютер основным законам архитектурной композиции.
3. Результаты прототипирования могут повлиять на конечную форму архитектурного объекта, так как физическая модель вносит свои корректировки с точки зрения реального состояния объема.

Источники иллюстраций

Рис. 1. – URL: https://de.123rf.com/photo_61881877_platz-f%C3%BCr-vip-in-amphitheater-im-antiken-hierapolis-pamukkale-t%C3%BCrkei.html (дата обращения 23.01.20).

Рис. 2. – URL: <https://engineeringdiscoveries.com/2019/07/02/these-towers-have-shape-shifting-sunshades-that-react-to-sunlight/> (дата обращение 23.01.20).

Рис. 3. – URL: <https://www.designboom.com/architecture/big-bjarke-ingels-serpentine-pavilion-london-unzipped-wall-revealed-06-07-2016/> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 4. – URL: <https://www.pinterest.com.au/pin/322288917067916066/> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 5. – URL: <https://vimeo.com/23061345> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 6. – URL: <https://www.behance.net/gallery/66700489/Beeah-WFES-Dubai-2018> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 7. – URL: <https://3dprintingindustry.com/news/circular-economy-3d-printing-can-help-unlock-5bn-waste-97792/> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 8. – URL: <http://atlv.org/> (дата обращения 23.01.20).

Рис. 9. – URL: [file:///Users/mariasaleh/Downloads/ecaade2018_139%20\(1\).pdf](file:///Users/mariasaleh/Downloads/ecaade2018_139%20(1).pdf) (дата обращения 23.01.20).

Рис. 10. – Рисунок автора (Салех Мариин), 2019.

Литература

1. Сапрыкина Н.А. Тезаурус параметрической парадигмы формирования архитектурного пространства // Architecture and Modern Information Technologies. – 2017. – №3(40). – С. 281-303. – URL: http://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/21_saprykina/index.php
2. Manuel Castells. The Rise of The Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture – John Wiley & Sons, 2000. – 469 p. – ISBN 978-0-631-22140-1.
3. Alam Raei M. Optimizing energy consumption with modern techniques of making smart in line with the objectives of sustainable development, the first national conference on sustainable architecture and urban spaces. – 2013. – pp. 76–79.
4. Mashhad. Burry M. Scripting Cultures: Architectural Design and Programming. – Wiley, 2011. – pp. 75– 97.
5. Coemen T.H. Introduction to algorithms. – The MIT Press, 2001. – pp. 67–75.
6. El-Khaldi M. Mapping Boundaries of Generative Systems for Design 14 Synthesis. MSc thesis, Massachusetts Institute of Technology. – Boston, 2007. – pp. 68–71.
7. Липкин С.М. Оптимизация расположения датчиков в сенсорной сети на основе генетического алгоритма / С.М. Липкин, Е.С. Михалин, В.Д. Губий, А.Г. Чипко // Успехи современной науки и образования. – Том 5. – 2017. – №2. – С. 78–81. – URL: http://modernsciencejournal.org/release/2017/USNO_2017_2_5_tom.pdf
8. Hensel M. Emergent technologies and design: Towards a biological paradigm for architecture. Routledge, UK / M. Hensel, A. Menges, M. Weistock. – Tehran: Tehran University Press 2010. – pp. 90–129.
9. Khabazi Z. Algorithmic architecture paradigm, first edition. European Online Journal of Natural and Social Sciences. Digital architecture, first edition. – Tehran: Ketabkadeh Publication, 2015. – Vol.3. – №3. – pp. 508–516.
10. Zhang, F., Zhou, B., Liu, L., Liu, Y., Fung, H. H., Lin, H. & Ratti, C.. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning, Landscape and Urban Planning, 2018. – pp.180, 148–160.

References

1. Saprykina N. Thesaurus of Parametric Paradigm for Architectural Space Forming. Architecture and Modern Information Technologies, 2017, no. 3(40), pp. 281–303. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2017/3kvart17/21_saprykina/index.php
2. Manuel Castells. The Rise of The Network Society: The Information Age: Economy, Society and Culture – John Wiley & Sons, 2000, 469 p. ISBN 978-0-631-22140-1.

3. Alam Raei M. Optimizing energy consumption with modern techniques of making smart in line with the objectives of sustainable development, the first national conference on sustainable architecture and urban spaces, 2013, pp. 76–79.
4. Mashhad. Burry M. Scripting Cultures: Architectural Design and Programming. Wiley, 2011, pp. 75–97.
5. Coemen T.H. Introduction to algorithms. The MIT Press, 2001, pp. 67–75.
6. El-Khaldi M. Mapping Boundaries of Generative Systems for Design 14 Synthesis. MSc thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston, MA, 2007, pp. 68–71.
7. Lipkin S.M., Mikhailin E.S., Gubiy V.D., Chipko A.G. *Optimizaciya paspolozheniya datchikov v sensornoi seti na osnove geneticheskogo algoritma* [Optimization of the location of sensors in the sensor network based on the genetic algorithm. Achievements of modern science and education]. 2017, vol. 5, no. 2, pp. 78–81. Available at: http://modernsciencejournal.org/release/2017/USNO_2017_2_5_tom.pdf
8. Hensel M., Menges A., & Weistock M. Emergent technologies and design: Towards a biological paradigm for architecture, Routledge, UK. C. Tehran, Tehran University Press, 2010, pp. 90–129.
9. Khabazi Z. Algorithmic architecture paradigm, first edition. Tehran: Ketabkadeh Publication. European Online Journal of Natural and Social Sciences. Digital architecture, first edition, 2015, vol. 3, no. 3, pp. 508–516.
10. Zhang F., Zhou B., Liu L., Liu Y., Fung H.H., Lin H. & Ratti C. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning, Landscape and Urban Planning, 2018, pp. 180, 148–160.

ОБ АВТОРЕ

Салех Мария Сальвановна

Аспирант кафедры «Основы архитектурного проектирования», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

e-mail: ey_marisha33@yahoo.com

ABOUT THE AUTHOR

Saleh Maria

Postgraduate Student, Chair «Foundation of Architectural Design», Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia

e-mail: ey_marisha33@yahoo.com