

АРХІТЕКТУРА

УДК 72.021.2:[001.9+004]

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ АРХИТЕКТУРНОГО ТВОРЧЕСТВА

МИРОНЕНКО В. П.¹, *д. арх., проф.*,
УСПЕНСКИЙ М. С.², *асп.*

¹ Кафедра дизайна архитектурной среды, Государственное высшее учебное заведение «Харьковский национальный университет строительства и архитектуры», ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина, тел. +38 (057) 706-20-69, e-mail: mironenkovp@rambler.ru

² Кафедра архитектурного проектирования и дизайна, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепро, 49600, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-88, e-mail: uspenskeymax@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2238-9649

Аннотация. Постановка проблемы. Характерный аспект современного мира - информационное развитие и рост информации - сохраняет свою значимость в последние годы и имеет тенденцию к неуклонному развитию. Рост объёма информации требует изменения в архитектурной проблематике, ускорения внедрения технических средств, расширения фронта исследований. **Цель статьи** - проанализировать основные тенденции в архитектуре, связанные с развитием информационных технологий, провести сравнение с технологиями предыдущего поколения. В статье анализируются различные уровни понимания информации, её свойств, продемонстрирована фундаментальная роль информации в развитии аналитических возможностей проектировщика. Рассмотрена проблема соответствия обеспечения архитектурной деятельности уровню развития информационных технологий. Демонстрируется взаимосвязь между виртуальной и дополненной реальностью. Акцентируется внимание на востребованности визуализаций и моделирования пространственных систем среды города для архитектурного проектирования. Обращено внимание на развитие искусственного интеллекта в области автоматизации локальных этапов проектного процесса, освобождающих проектировщика от рутинных проектных операций. **Вывод.** Раскрыта необходимость методологической поддержки и дальнейшего изучения вновь появившихся компьютерных средств проектирования. Выявлено, что информация может выполнять роль оценочного критерия соответствия проектных средств решению современных проектных задач.

Ключевые слова: визуализация; информация; киберпространство; моделирование; программное обеспечение; сложность

ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЇ НА РОЗВИТОК ЗАСОБІВ АРХІТЕКТУРНОЇ ТВОРЧОСТІ

МИРОНЕНКО В. П.¹, *д. арх., проф.*,
УСПЕНСЬКИЙ М. С.², *асп.*

¹ Кафедра дизайну архітектурного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Харківський національний університет будівництва та архітектури», вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна, тел. +38 (057) 706-20-69, e-mail: mironenkovp@rambler.ru

² Кафедра архітектурного проектування і дизайну, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-88, e-mail: uspenskeymax@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2238-9649

Анотация. Постановка проблемы. Характерный аспект сучасного світу - інформаційний розвиток і зростання інформації - зберігає свою значимість в останні роки і має тенденцію до неухильного розвитку. Зростання обсягу інформації вимагає зміни в архітектурній проблематиці, прискорення впровадження технічних засобів, розширення фронту досліджень. **Мета статті** - проаналізувати основні тенденції в архітектурі, пов'язані з розвитком інформаційних технологій, провести порівняння з технологіями попереднього покоління. У статті аналізуються різні рівні розуміння інформації, її властивостей, продемонстровано фундаментальну роль інформації в розвитку аналітичних можливостей проектувальника. Розглянуто проблему відповідності забезпечення архітектурної діяльності рівню розвитку інформаційних технологій. Демонструється взаємозв'язок між віртуальною і доповненою реальністю. Акцентується увага на затребуваності візуалізацій і моделювання просторових систем середовища міста для архітектурного проектування. Звернено увагу на розвиток штучного інтелекту в галузі автоматизації локальних етапів проектного процесу, які звільняють проектувальника від рутинних проектных операцій. **Висновок.** Розкрито необхідність методологічної підтримки та подальшого вивчення новопосталих комп'ютерних засобів

проектування. Виявлено, що інформація може виконувати роль оцінного критерію відповідності проектних засобів виконанню сучасних проектних завдань.

Ключові слова: візуалізація; інформація; кіберпростір; моделювання; програмне забезпечення; складність

INFLUENCE OF INFORMATION ON DEVELOPMENT OF ARCHITECTURAL CREATIVITY

MIRONENKO V. P.¹, *Dr. Arch., Prof.*,

USPENSKIY M. S.², *PG.*

¹ Department of design of architectural environment, State higher educational institution «Kharkiv national University of construction and architecture», Sumskaia str., 40, Kharkiv, 61002, Ukraine, tel. +38 (057) 706-20-69, -mail: mironenkovp@rambler.ru

² Department of architectural planning and design, State higher educational institution «Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevsky str., 24-a, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-88, -mail: uspenskeymax@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2238-9649

Summary. Raising of problem. A characteristic aspect of the modern world – information development and information growth remains important in recent years and has a tendency to steady development. The growth in the volume of information requires a change in the architectural problems, the acceleration of the introduction of technical means, and the expansion of the research front. **Purpose.** Analyze the main trends in architecture associated with the development of information technology, compare with the technology of the previous generation. The article analyzes different levels of understanding information, its properties, demonstrated the fundamental role of information in the development of analytical capabilities of the designer. The problem of the correspondence of the provision of architectural activity to the level of development of information technologies is considered. The relationship between virtual and augmented reality is demonstrated. Attention is focused on the demand for visualization and modeling of spatial systems of the city environment for architectural design. Attention is drawn to the development of artificial intelligence, in the field of automation of local stages of the design process, releasing the designer from routine design operations. **Conclusion.** The need for methodological support and further study of newly appeared computer design tools is disclosed. It is revealed that the information can fulfill the role of an evaluation criterion for the conformity of project facilities to the solution of modern design tasks.

Keywords: visualization; information; cyberspace; modeling; software; complexity

Постановка проблеми. Одним из характерных аспектов современного мира, сохраняющих свою значимость в последние годы, является информация. Ни для кого не секрет, что рост количества окружающей нас информации сохраняет свою динамику. Учёные трактуют это как переход общества на очередной новый этап развития с сопутствующими изменениями во всех сферах жизнедеятельности. По оценкам специалистов, объём информации человеческой цивилизации в целом, участвующий в хранении, передаче и обработке, увеличивается с большой скоростью. Если в 2000 году было произведено 20 эксабайт, то в 2010 году – более 300 эксабайт, то есть в 15 раз больше. Объём информации ежегодно возрастает на 30 %.

Такие организации как Domo, IBM, EMC Corp. попытались определить, сколько информации производится человечеством за один день, но количество меняется так

быстро, что оценки практически сразу устаревают. При этом, в 2000-х годах произошёл переход от аналоговых к цифровым носителям. Всему этому способствует развитие технических средств: компьютеров, телевизоров, мобильных устройств. Если ранее скорость роста информации связывалась с развитием коммуникационных связей (рис. 1), то сейчас, в последние годы, увеличилась доля информации, связанной с обработкой графики, с созданием пространственных моделей и виртуальной реальности, что обусловлено увеличивающейся доступностью графических процессоров.

Рост объёма информации регулярно вызывает изменения в архитектурной проблематике, ускоряет внедрение технических средств и расширяет фронт исследований.

Актуальность темы. Информационный взрыв внёс существенные изменения, способствовал развитию науки и

технологии. Информатизация и компьютеризация процессов научного познания вызвала необходимость переосмысления ранее изученных объектов. Следовательно, в связи с

непрерывающимися изменениями в информационных технологиях, проблематика соответствия обеспечения архитектурной деятельности в ближайшее время будет оставаться значимой.

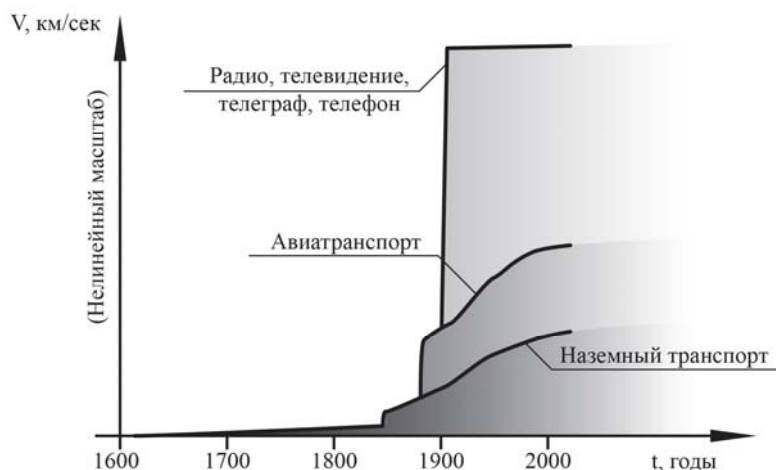


Рис. 1. Динамика роста скорости коммуникации

Цель статьи - выявить последние тенденции в сфере взаимодействия информационных технологий с архитектурой и провести оценку их роли в сравнении с технологиями предыдущего поколения.

Изложение основного материала. По мере развития научного познания, с начала XX века, информация приобретала различные определения в зависимости от области её использования. Информация играет фундаментальную роль в компьютерных науках, кибернетике, системных науках, биологии, психологии, используется как философская категория наравне с сознанием, материей и энергией. На бытовом уровне под информацией можно понимать передачу некоторых сообщений, сведений, знаний. Однако, по мере развития представлений, информация приобрела самостоятельность. Информацию стали связывать с понятиями отражения. В исследованиях биологических и технических систем информацию рассматривают как субстанцию, перемещающуюся по каналам, хранящуюся

в различных по своей природе носителях и являющуюся атрибутом управления.

Информация может трактоваться как мера упорядоченности, как характеристика материи на разных стадиях её организации. Нет единого мнения относительно сущности информации. Она выступает скорее как совокупное определение многочисленных значений. А. Д. Урсул подчёркивает, что информации присущи как объективные, так и субъективные свойства. То есть информация присуща как материальным объектам, так и процессам в сознании человека. Следовательно, и в архитектуре можно выявить несколько ипостасей информации.

Во-первых, существует множество попыток психологов и методологов изучить механизмы восприятия архитектурного пространства и процессы, связанные с деятельностью архитектора. Практическая необходимость таких исследований возникла в связи с усложнением проектных задач, внедрением новых методов проектирования, автоматизацией проектного процесса и необходимостью помощи преподаванию в области

архитектуры. Вне зависимости от того, на сколько стадий делят проектный процесс, его можно рассматривать как поэтапное движение по увеличению упорядоченности проектного результата.

На подготовительных первых стадиях проектного процесса исходная информация находится в избыточном количестве и хаотичном состоянии. На стадиях творческого поиска информация постепенно приобретает порядок и структуру.

Первые попытки эмпирических исследований проектирования осуществили в 1970-х годах Краус и Майер, Фримен и Невилл, Дж. Джонс, основываясь на теории переработки информации. Человек в них выступает системой переработки информации, которая во время анализа проблемы занимается поиском данных в различных источниках: устных, визуальных, с запросом в собственную память. При этом количество поступающих сведений на входе в систему ограничено пропускной способностью восприятия человека [3].

Во-вторых, так как информация находится в непосредственной связи с материей, все объекты городской среды: пространство, здания, геометрические элементы заключают в себе информацию. А. П. Мардер в своей работе «Эстетика архитектуры» предоставляет схему перемещения информации от архитектора к зрителю через архитектурный образ (рис. 2), при этом любые элементы предметно-пространственной среды участвуют в коммуникации за счёт закодированной в их форму данных.

В исследованиях визуальных коммуникаций А. Я. Костенко, И. А. Добрицыной, В. Т. Шимко рассматривается проблема определения самостоятельных компонентов, носителей визуальной информации в связи с усилением информатизации общества. Прослеживается развитие самостоятельных, ставших традиционными информационных элементов в виде рекламы, скульптурных композиций, полиграфии, плакатов, афиш, средств информации в виде указателей, информационных табло. Затрагиваются

вопросы влияния средств информации на функционально-планировочную и эстетическую целостность среды города.

Исследования, охватывающие период 2000-х годов, уже тогда обозначали дополнительные требования к архитектуре для организации внедрения информационных средств в среду города, для обеспечения мощного потенциала преобразования архитектурного предметного наполнения [4]. В настоящее время, в период доминирования цифровой информации, эффект вызываемых изменений в городской среде стал ещё более заметным. Интернет-технологии могут заставить пересмотреть самые базовые принципы проектирования архитектурных объектов. Люди заинтересованы во внедрении информационных технологий в городское пространство или в конкретное здание.

Простым доказательством того, что информация материальна, служит возникший в 2000-е годы новый тип здания – Дата-центр. Это специализированное здание для размещения серверного и сетевого оборудования (рис. 3). Здание, обеспечивающее компании местом для размещения компьютерного оборудования, для бесперебойной работы сети Интернет. Стало невозможным хранить столь объёмные системы просто в отдельных помещениях. Для этого потребовалось целое здание. Сложно найти здание со схожей ресурсоёмкостью. Дата-центры обычно – это очень крупные центры, потребляющие энергию как один небольшой город. Инфраструктура Дата-центра обладает системами климат-контроля, промышленной вентиляцией, системами пожаротушения, наличием генераторов для обеспечения сохранности и защиты данных.

Рядовому человеку не совсем ясно, какие риски созданы информационными технологиями, которые, с одной стороны, и обеспечивают реальными возможностями, но, с другой – необратимо меняют окружающую нас реальность. Если для Украины подобный тип здания – всё ещё редкость, то в странах Европы и Америки

уже проработаны стандарты проектирования и активно внедряются технологии «зелёных» принципов энергоэффективности – применение солнечных батарей, электростанций на биотопливе.

Сложно представить, что случится в случае отказа подобных компьютерных центров, так как они управляют различными городскими системами. Современный человек уже ощущает дискомфорт, например, при отсутствии возможности доступа к привычным Интернет-ресурсам.

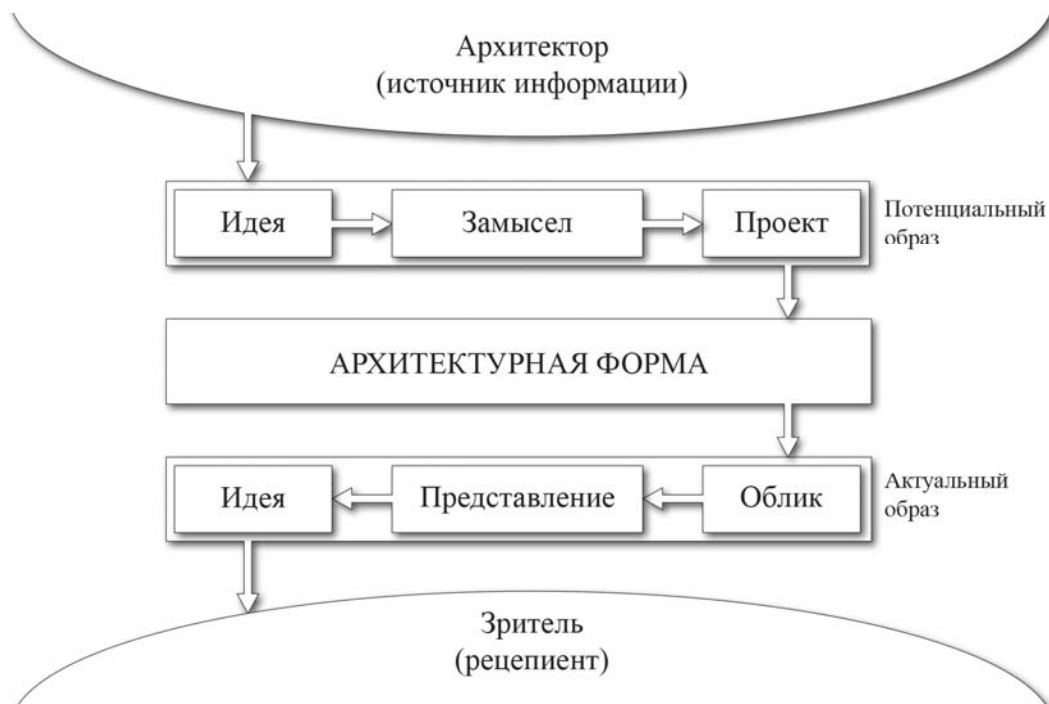


Рис. 2. Информационная система архитектурного образа (по А. Мардеру)



Рис. 3. Дата-центр Digital Beijing, арх. бюро Studio Pei-Zhu, Пекин, 2007

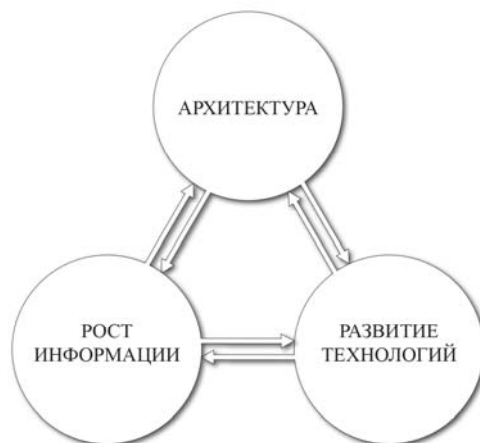


Рис. 4. Отношения архитектуры и информационных технологий

Развитие технологий, рост информации и архитектура находятся в тесном взаимодействии (рис. 4). Прорыв в компьютерных технологиях, телекоммуникациях послужил росту доступности к компьютерам и высокоскоростным сетям, особенно нужно отметить важность доступа ко Всемирной паутине из любой точки города с мобильного телефона. В наши дни деятельность, связанную с общением, встречами, совершением покупок, походами в библиотеку, возможно осуществлять при помощи Интернета. Компьютер и человек вступают во всё более тесные отношения, а здание превращается в платформу, обеспечивающую их взаимодействие. И, с одной стороны, возникает вопрос переопределения принципов проектирования многих общественных зданий, а, с другой, – переосмысление Интернета как пространства особой реальности.

Б. Митчелл определял кибер-пространство как «...пронизанную сетями, порождённую, поддерживаемую, воспринимаемую компьютером искусственную или виртуальную реальность, доступную при наличии технических средств где угодно, кому угодно, когда угодно. Она собирает и хранит информацию, постоянно углубляется и расширяется с поступлением новой

информации». Пространство становится более «умным» и интерактивным [7].

Виртуальное пространство и цифровая архитектура – новая повестка дня проектировщика. По мнению У. Митчелла, наступает время пересмотра концепции формы, следующей за функцией, следующей за пространством действия: «Цифровая, электронная, виртуальная сторона всё больше перекрывает материальное. Во многих случаях хранение битов заменяет собой материальные артефакты, такие как книга, поэтому уменьшается необходимость в пространстве. Электронные связи заменяют собой физический доступ и связи при помощи коммуникаций в здании, поэтому императив доступа больше не играет такую важную роль в организации архитектурного пространства» [9].

Это может стать следствием того, что здания будут менять своё функциональное назначение или полностью, или отдельные элементы, например, системы коммуникаций будут заменены сетями.

Грань между виртуальным и реальным пространством постепенно стирается, человек работает с компьютерными интерфейсами гораздо чаще, чем с пространством зданий. Увеличивается количество устройств в пространстве здания, поддерживающих «Интернет вещей». Всё – от термостатов холодильников, дверей, соединяется с

Следующий этап можно связать с внедрением технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. А. Асанович определяет развитие технологий виртуальной реальности как революцию в общении человека с компьютером, а виртуальную реальность - как машинно-генерирующую мультисенсорную среду, позволяющую проследить информацию о проектируемом объекте в реальном времени. Система виртуальной реальности используется в моделировании, презентациях и оценке объёмных моделей.

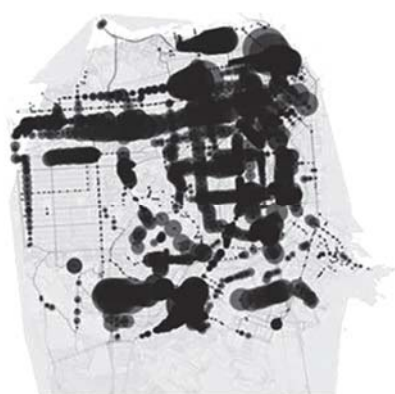
В системе AR реальный мир проектировщика расширяется за счёт графической или виртуальной информации, наложенной на реальность дополнительным слоем. Можно представить AR во взаимосвязи, где с одной стороны будет находиться виртуальная реальность, с противоположной – реальная, а посередине - дополненная реальность [1].

VR и AR неразрывно связаны с индустрией видеоигр, виртуальная среда обычно создаётся на основе игровых движков, таких как Unity или Unreal Engine, затем модели экспортируются из любых программ: Revit, Sketch Up, ArchiCAD. Наиболее распространённой технологией виртуальной реальности являются очки VR.

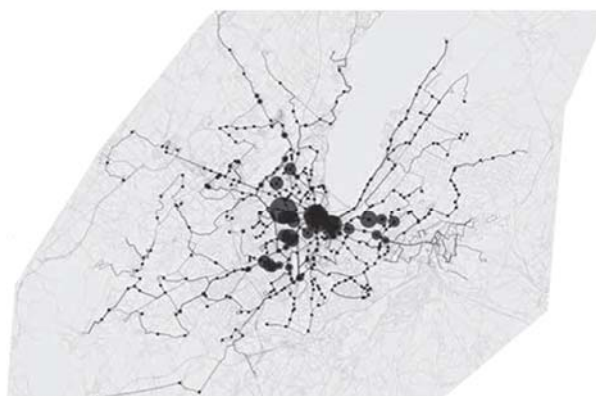
И хотя самой идее использовать VR в проектировании уже несколько десятков лет, только сейчас устройства виртуальной реальности становятся относительно доступными (рис. 5).

В связи с возрастанием уровня сложности объектов архитектурного проектирования стали востребованы программные средства для решения локальных этапов проектирования для визуализации и моделирования систем. Архитекторы, решившие идти в ногу с развитием технологий, постепенно внедряют такие инструменты. Средства моделирования, на основе системности городской среды, позволяют сводить сложность происходящих в ней информационных процессов, до доступных для восприятия визуализаций.

Примером может служить проект архитектурного бюро Schema Design, основная задача которого состоит в том, чтобы визуализировать информацию о перемещении транспорта в городах Филадельфии, в Цюрихе и Женеве (рис. 6). Проект даёт возможность понимания, как жители используют городское пространство в динамике. Результатом подобных моделей становится дополнительная обоснованность проектных решений.



Сан-Франциско, 8:42



Женева, 12:17

Рис. 6. Визуализация информации об активности населения в рамках проекта Urban Data Design Challenge, арх. бюро Schema Design, 2013

Компьютерные технологии являются инструментом анализа сложных процессов и систем, стимулируя само развитие системных наук, и в этом они схожи с искусственным интеллектом (AI). Искусственный интеллект определяют как область компьютерных наук, занимающуюся автоматизацией разумного поведения [5]. Безусловно, искусственный интеллект совсем не тождественен человеческому интеллекту, помещённому в компьютер. Предмет искусственного интеллекта находится ещё на совсем ранних стадиях исследования. Функции искусственного интеллекта на данный момент могут выполнять весьма ограниченные задачи, но это не мешает

архитектору использовать их в своей работе [8]. Например, решение задач, которые отнимают большое количество времени, программное обеспечение DepthmapX Университетского колледжа Лондона (рис. 7), использующей искусственный интеллект для анализа пространства по разным показателям.

Искусственный интеллект в архитектуре считается многообещающим, перспективным направлением, позволяющим работать с информацией и в скором времени, как предполагают разработчики, будет проникать в программное обеспечение, уже ставшее традиционным для проектирования.

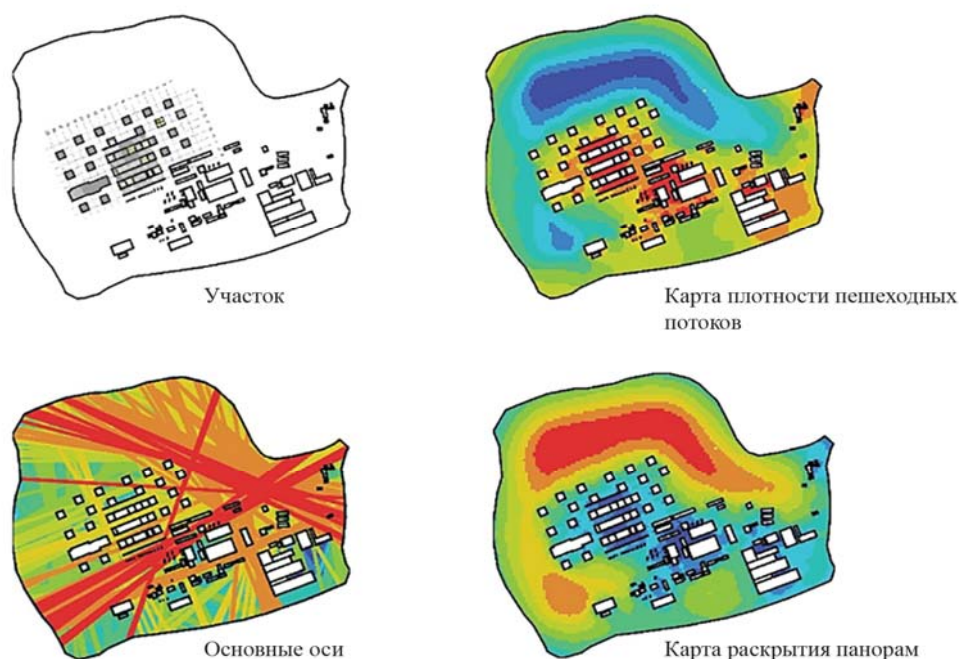


Рис. 7. Схемы пространства, построенные программной платформой DepthmapX

Выводы. Рассмотрев текущее состояние информационных технологий в архитектуре, можно заметить, что значительное влияние оказывается в сфере средств проектирования, в то время как по вопросам присутствия информации в архитектурной среде и проблематике киберпространства ведётся дискуссия. Необходимость охвата большего количества данных, сложное структурирование архитектурной среды – необходимое условие для реализации архитектурной деятельности. Вновь

появившиеся технологические и программные средства проектирования нуждаются в методологической поддержке и дальнейшем изучении, при этом информация может выступать как критерий эффективности. Чем более информативным является средство, тем более явно его соответствие решению современных проектных задач. Информация снижает неопределённость в формировании объекта проектирования, он становится более обоснованным. Новые средства

моделирования и визуализации способны изменить русло проектного процесса. Использование компьютерных средств в архитектурном проектировании не утратило свою перспективность по многим направлениям своего развития, а стало частью концепции развития общества в целом.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Асанович А. Компьютерные средства и эволюция методологии архитектурного проектирования : дис. ... д-ра архитектуры : 18.00.01 / Асанович Александр. – Москва, 2007. – 341 с.
2. Бірїлло І. В. Ретроспектива застосування комп'ютерних засобів в архітектурному проектуванні / І. В. Бірїлло // Сучасні проблеми архітектури та містобудування : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва та архітектури ; відпов. ред. М.М. Дьомін. – Київ, 2015. – Вип. 38. – С. 374–380.
3. Голицын Г. А. Информация и творчество: на пути к интегральной культуре / Г. А. Голицын. – Москва : Русский мир, 1997. – 304 с.
4. Костенко А. Я. Средства информации в архитектуре / А. Я. Костенко. – Киев : Будівельник, 1984. – 112 с.
5. Кузнецов В. І. Робоча програма, методичні вказівки і завдання для контрольних робіт до вивчення дисципліни «Системний аналіз інформаційних процесів» для студентів напряму 6.020100-культура / В. І. Кузнецов, Г. Л. Євтушенко. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013 – 74 с.
6. Чечельницкий С. Г. Архитектура и генеративное искусство / С. Г. Чечельницкий // Проблемы теории и истории архитектуры Украины : сб. науч. тр. / Одес. гос. акад. стр-ва и архитектуры, Архитектур.-художеств. ин-т, Одес. обл. орг. Укр. о-ва охраны памятников истории и культуры. – Одесса, 2013. – Вип. 13. – С. 262–268.
7. Mitchel B. Cyberspace: First Steps / Benedikt Mitchel. – Cambridge : MIT Press, 1991. – 436 p.
8. Full-scale Modeling in the Age of Virtual Reality. Proceedings of the 6th European Full-scale Modeling Association Conference in Vienna, 1996 / ed. Bob Martens ; Institute for Spatial Interaction and Simulation. – Wien, 1996. – 152p.
9. Mitchel W. City of bits space, place, and the infobahn / William Mitchel. – Cambridge : MIT Press, 1996. – 225 p.

REFERENCES

1. Asanovich A. *Komp'yuternyye sredstva i evolyuciya metodologii arkhitekturnogo proektirovaniya: dis. doktora arkhitektury: 18.00.01* [Computer facilities and the evolution of the methodology of architectural design: Dissertation of Dr. Sc. (Arch.): 18.00.01]. Moskva, 2007, 341 p. (in Russian).
2. Бірїлло І. В. *Retrospektiva zastosuvannya kompiuternykh zasobiv v arkhitekturnomu proektuvanni* [Retrospective of the computer assets appliance in the architectural design]. *Suchasni problemy arkhitektury i mistobuduvannya* [Modern problems of architecture and urban development]. Kyiv. nats. un-t bud-va ta arkhitektury [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv, 2015, iss. 38, pp. 374-380. (in Ukrainian).
3. Golicyn G.A. *Informaciya i tvorchestvo: na puti k integral'noj kul'ture* [Information and creativity: towards an integral culture]. Moskva: Russkiy mir, 1997, 304 p. (in Russian).
4. Kostenko A.Ya. *Sredstva informacii v arkhitekture* [Media in Architecture]. Kyiv: Budivelnik, 1984, 112 p. (in Russian).
5. Kuznetsov V.Í. and Evtushenko H.L. *Robocha programa, metodychni vkazivky i zavdannia dlia kontrolnykh robit do vyvchennia dystsypliny «Systemnyi analiz informatsiinykh protsessiv» dlia studentiv napriamu 6.020100-kultura* [Work program, methodical instructions and tasks for control works to study the discipline "System analysis of information processes" for students of direction 6.020100-culture]. Dnipropetrovsk: NMetAU, 2013, 74 p. (in Ukrainian).
6. Chechel'nitskij S.G. *Arkhitektura i generativnoe iskusstvo* [Architecture and generative art]. *Problemy teorii i istorii arkhitektury Ukrainy* [Problems of theory and history of architecture of Ukraine]. Odes. gos. akad. str-va i arkhitektury, Arhitektur.-xudozhestv. un-t, Odes. obl. org. Ukr. o-va oxrany pamyatnikov istorii i kul'tury [Odessa State Academy of Construction and Architecture. University of Architecture and Art, Odessa Regional Organization of the Ukrainian Society for the Protection of Historical and Cultural Monuments]. 2013, iss. 13, pp. 262–268. (in Russian).
7. Mitchel B. *Cyberspace: First Steps*. Cambridge: MIT Press, 1991, 436 p.
8. Martens B. *Full-scale Modeling in the Age of Virtual Reality. Proceedings of the 6th European Full-scale Modeling Association Conference in Vienna*. Institute for Spatial Interaction and Simulation. Wien, 1996, 152 p.
9. Mitchel W. *City of bits space, place, and the Infobahn*. Cambridge: MIT Press, 1996, 225 p.

Рецензент: Челноков О. В. к. т. н., проф.

Надійшла до редколегії: 04.06.2017 р. Прийнята до друку: 14.06.2017 р.