

Научная статья

УДК/UDC 004.9:628.9:74:72

DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-285-297

Применение виртуальных и нейротехнологий к архитектурно-световой среде

Владимир Евгеньевич Карпенко¹

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

karpenkove@mail.ru

Аннотация. В современном световом дизайне активно используются виртуальные технологии. Их особенность заключается в имитации структуры города или архитектурного объекта в искусственных условиях с помощью специальной гарнитуры, что позволяет моделировать в лаборатории уникальные ситуации и проектные решения. Такой метод также позволяет учитывать факторы, труднодостижимые в реальных условиях города, копировать ночные условия световой среды и характеристики форм. Визуальные стимулы могут оцениваться респондентами в лабораторных условиях изолированно от реальности. В статье предлагается гипотеза и метод исследования, которые заключаются в регистрации уровня нейропсихологического отклика при предъявлении зрительных стимулов светоцветовых форм, предъявляемых при помощи технологии VR.

Ключевые слова: технология VR, световая форма, архитектурно-световая среда, нейротехнологии

Для цитирования: Карпенко В.Е. Применение виртуальных и нейротехнологий к архитектурно-световой среде // Architecture and Modern Information Technologies. 2023.

№2(63). С. 285-297. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/18_karpenko.pdf

DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-285-297

Original article

Application of virtual and neurotechnologies to the architectural and lighting environment

Vladimir E. Karpenko¹

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

karpenko.ve@dvfu.ru

Abstract. Virtual technologies are actively used in modern lighting design. Their peculiarity lies in the imitation of city structure or an architectural object in artificial conditions using a special headset, which makes it possible to modify unique situations and design solutions in the laboratory. This method also makes it possible to take into account factors that are difficult to achieve in the real conditions of the city, to copy the night conditions of the light environment and the characteristics of forms. Visual stimuli can be assessed by respondents in the laboratory in isolation from reality. The article proposes a hypothesis and a research method that consists in registering the level of neuropsychological response upon presentation of visual stimuli of light-color forms using VR.

Keywords: VR, light form, neurotechnologies, combinatorics

For citation: Karpenko V.E. Application of virtual and neurotechnologies to the architectural and lighting environment. Architecture and Modern Information Technologies, 2023, no. 2(63),

¹ © Карпенко В.Е., 2023

Анализ исследований виртуальной реальности и критерии оценки световых форм

Современное понимание технологии VR – это созданная компьютером среда, предлагающая зрителю уникальную иллюзию пребывания в искусственном мире. Виртуальная реальность имитирует ощущения человека, находящегося в ином месте, отличном от того, где он находится физически. Ощущения относятся к опыту взаимодействия с виртуальностью, они убедительны и претендуют на реальные, хотя вызывает их не реальная ситуация. При этом для зрения и психологического состояния человека важны эффекты стереоскопии и укачивания (*motion sickness*), что приближает проблемы VR к раннее изученным процессам нейрофизиологии и зрительной психологии, таким как сознание, *бинокулярный параллакс* или *диспаратность*² [1]. В этой связи, VR-гарнитура, иногда включающая панорамное изображение, вызывает у зрителя отчетливое ощущение столкновения при приближении виртуального объекта. При этом отмечается различие между процессом присутствия, которое более соотносится с психологией ощущения, и погружением как действием по изолированию человека от реальной действительности. Однако эффект погружения благодаря широкому углу зрения в гарнитура VR усиливает иллюзию присутствия [2].

Анализ исследований в области VR показывает, что эта технология в основном используется как инструмент визуализации и погружения в искусственную среду для улучшения качества градостроительных проектных предложений и объектов городской среды, а также как инструмент маркетинга и продвижения продукта, поскольку позволяет заказчику виртуально ощутить будущий объект. Для дизайнеров, которые не проектируют материальные объекты, их создание в искусственной среде не представляется целью, но возникает потребность создать этот объект в VR во взаимодействии с элементами медиа и интерактивности. Один из путей – формирование мультимедийной городской среды, в которой можно согласовать образ здания для последующего продвижения проекта. Внедрение цифровых медиа в городские пространства – одна из задач для дизайнеров. Есть и другой путь – специально проектируется физическая среда, в которую должна вписаться среда виртуальная с элементами интерактивности. Архитекторы заинтересованы в создании «альтернативной реальности», освобождающей от физических ограничений реальности. Использование VR в архитектурном проектировании способно дать позитивные результаты и обеспечить большую возможность контроля для участников моделирования [3].

В архитектуре и дизайне опыты использования среды VR позволяют контактировать с виртуальными средами в масштабе 1:1 и обследовать объект так, как будто он уже построен. Использование человеческих движений, ходьбы и прикосновений приводит к уникальному чувственному опыту³, что позволяет обоснованно корректировать планировочные и объемно-пространственные решения. Реалистичность сценария и соблюдение точных пропорций архитектурных объектов, а также ограничение внешних визуальных и звуковых шумов реального мира усиливают иммерсивный эффект. В архитектурном образовании, в процессе обучения технология VR применяется как метод создания виртуальной 3D модели, дополняющей физический макет объекта. В профессиональной области архитектор и заказчик получают опыт совместного обсуждения проектного решения и внесения изменений исходя из полученных ощущений. Например, в результате включения лампы (дополнительный источник света), открытия двери

² «При бинокулярном зрении всегда присутствует надежный зрительный признак (оптический по своей природе) относительной удаленности двух объектов» [1].

³ Иллюзорный опыт присутствия или погружения в VR, характеристика сознания.

(объединение двух пространств) и т.д. При этом при достижении иллюзии присутствия и погружения высокое разрешение и фотореалистичность виртуальной среды оказываются не так важны, как скорость отклика датчика на перемещения пользователя в VR-среде [2].

Актуальным вопросом при исследовании световых форм являются визуальные критерии их эстетической оценки и их формулирование, а также вычисление соответствующих светотехнических параметров. Прежде всего, это закономерное, ритмическое или вариативное распределение яркостных (цветовых) контрастов, теней, которое выражает целостность и архитектуру объекта. При этом градиентное распределение яркости и цветности поверхности, особенно вертикальной световой формы, может визуально создавать её массивность или лёгкость, устойчивость или динамику [4].

Современные световые формы и световые инсталляции дополняются многими сенсорными эффектами, воздействующими на человека: датчиками звука, движения, давления и т.д. Это делает формы интерактивными и мультимедийными устройствами с использованием искусственного света. Параметры света в световой форме могут быть субъективно оценены зрителями, при этом оценивается как дневная, так и вечерняя характеристики, цветоцветовые эффекты в соответствии с дневными средовыми формами (скульптуры, малые архитектурные формы). Комплекс параметров средовых форм не ограничивается только световыми, они могут включать звуковые, тактильные и другие, таким образом на сенсорную систему человека воздействует комплекс стимулов.

При создании VR-среды учитываются композиционные параметры световой формы, которые при помощи света усиливают её эстетику в вечерней городской среде. Благодаря включению в световую форму разнообразных световых эффектов удается усилить их визуальные качества и функциональное значение [5]. Полученные данные могут быть дополнительно проверены на предмет зрительного воздействия благодаря нейротехнологии. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что VR-технологии дают реальную возможность проверить светокомпозиционные критерии и эффекты искусственного освещения средовых форм.

Эмоциональные свойства архитектурной среды

Фундаментальные потребности человека в городской среде делятся на две основные группы: физиологические и ориентировочные. Набор физических параметров среды и их максимальное соответствие физиологическим потребностям определяют положительные эмоции. Например, в исторической среде восприятие узких улиц и маленьких площадей связано со стремлением защиты от посторонних, но также создает чувство уюта. Познавательные потребности человека раскрываются в получении информации и наличии зрительных раздражителей, за счёт осмысления окружающего мира и ясной пространственной ориентации. Информативность среды объясняется совокупностью различий: если она транслирует разнообразные визуальные и смысловые акценты, то является источником положительных эмоций. Организованность пространства облегчает пространственную ориентацию, что способствует чувству комфорта, а отсутствие организованности вызывает дискомфорт. Введение нового элемента в архитектурную композицию является эмоционально положительным условием. Архитектурная среда и её выразительные качества – цветовая гамма, цветоцветовой климат, приём организации с движением к кульминационной точке – хорошо запоминаются. Для измерения запоминаемости можно использовать свойства организации и функциональной значимости пространства, которые могут быть проверены через «вероятностные модели статистической теории информации» [6, с. 104]. Большая вероятность, обычность, снижает значимость объекта и, соответственно, эмоциональный отклик; меньшая вероятность повышает оригинальность, делает форму запоминающейся. Особое значение приобретает возможность варьировать отношения элементов на пространственных и цвето-пластических уровнях архитектурной среды.

Смысл опытных исследований с помощью VR

Ночная среда города рассматривается как система, состоящая из архитектурных световых форм – светопространств, световых объемов и поверхностей, светопластики, светоцвета. Решение общего освещения города и формирование его светового климата может заключаться в освещении объектов среды, которые формируют нейропсихологическую реакцию человека на уровне зрительного восприятия. Измерение нервных импульсов, вызванных зрительными раздражениями сетчатки глаза, позволяет определить уровень отрицательной или положительной эмоции как реакции на предъявленные стимулы.

Произведения искусства, природные ландшафты и пейзажи вызывают у зрителя положительные эмоции, аналогично подобный ряд эмоций, чувств и переживаний могут производить световые формы: инсталляции, медиафасады, световые скульптуры, размещённые в предметно-пространственном комплексе городской среды [7]. Гипотеза исследования, посвящённого применению технологии VR в архитектурно-световой среде, состоит в том, что выяснение характера и уровня нейропсихологической реакции на элементарные светоцветовые стимулы, выраженные в виде изображений-модулей, дает возможность их целевого использования в светоформах при создании световой среды города. Глаз реагирует в пространстве на элементарные светоцветовые контрасты, структура которых осознается как определенный образ в зрительной области коры головного мозга, что можно обнаружить при измерении электрических потенциалов. Далее определяется, насколько отчетливо локализуется восприятие световых форм в зрительном центре головного мозга, и какие эмоции они вызывают.

Определённый зрительный образ может вызывать чувство комфорта, удовольствия или отрицательные чувства. Эмоции делятся на две группы – стремления (приятные стимулы, удовольствие, спокойствие, комфорт) и избегания (страх, страдания, неприятные стимулы) [8]. В процессе исследования необходимо определить положительные и отрицательные эмоции как психологическую реакцию на зрительные стимулы световых форм городской среды. В виртуальной реальности предъявляются схемы-модули, которые содержат закономерности световых контрастов и светового ритма, используемые в дальнейшем при создании светоформ в городской среде.

В опытах и экспериментах базовая и первичная технология исследований световой среды заключается в имитации световых эффектов, приемов и форм в виртуальной реальности и ее виртуального эквивалента, который предъявляется в гарнитуре VR. Далее при помощи энцефалографа определяется разность электрических потенциалов коры головного мозга при предъявлении каждого стимула световой формы или модуля, в результате чего может быть оценён уровень раздражения и эмоционального состояния испытуемого. В лабораторных условиях при помощи программных средств создаются виртуальные световые формы предметно-пространственной среды города [5, 7]: видеомэппинг, светографика, светоживопись, «неоновое искусство», световые инсталляции, световые скульптуры, световые поверхности, медиафасады, световые структурные и энергосберегающие формы, световые виртуальные, искусственные формы. Делаются выводы о целесообразности интеграции тех или иных световых форм в пространство города для формирования психоэмоционального климата среды в соответствии с полученными данными.

Варианты проведения эксперимента с VR

Первый эксперимент может состоять в представлении прототипов световых форм-стимулов в 3D-формате (рис. 1). Для эксперимента взяты фотографические изображения существующих световых форм, которые могут быть созданы в программных продуктах в 3D, а затем в VR с включением световых эффектов освещения для предъявления в очках и гарнитуре респондентам. В формате VR с помощью очков виртуальной реальности регистрируются разности электрических потенциалов с помощью электроэнцефалографа для дальнейшей интерпретации полученных данных. Определяются положительные и

отрицательные эмоции, вызванные световыми формами. Обработка данных энцефалографа производится при помощи программного комплекса *Python*⁴ [9]. Далее разрабатываются рекомендации по интеграции световых форм в городскую среду в соответствии с ее психологическим и световым климатом.

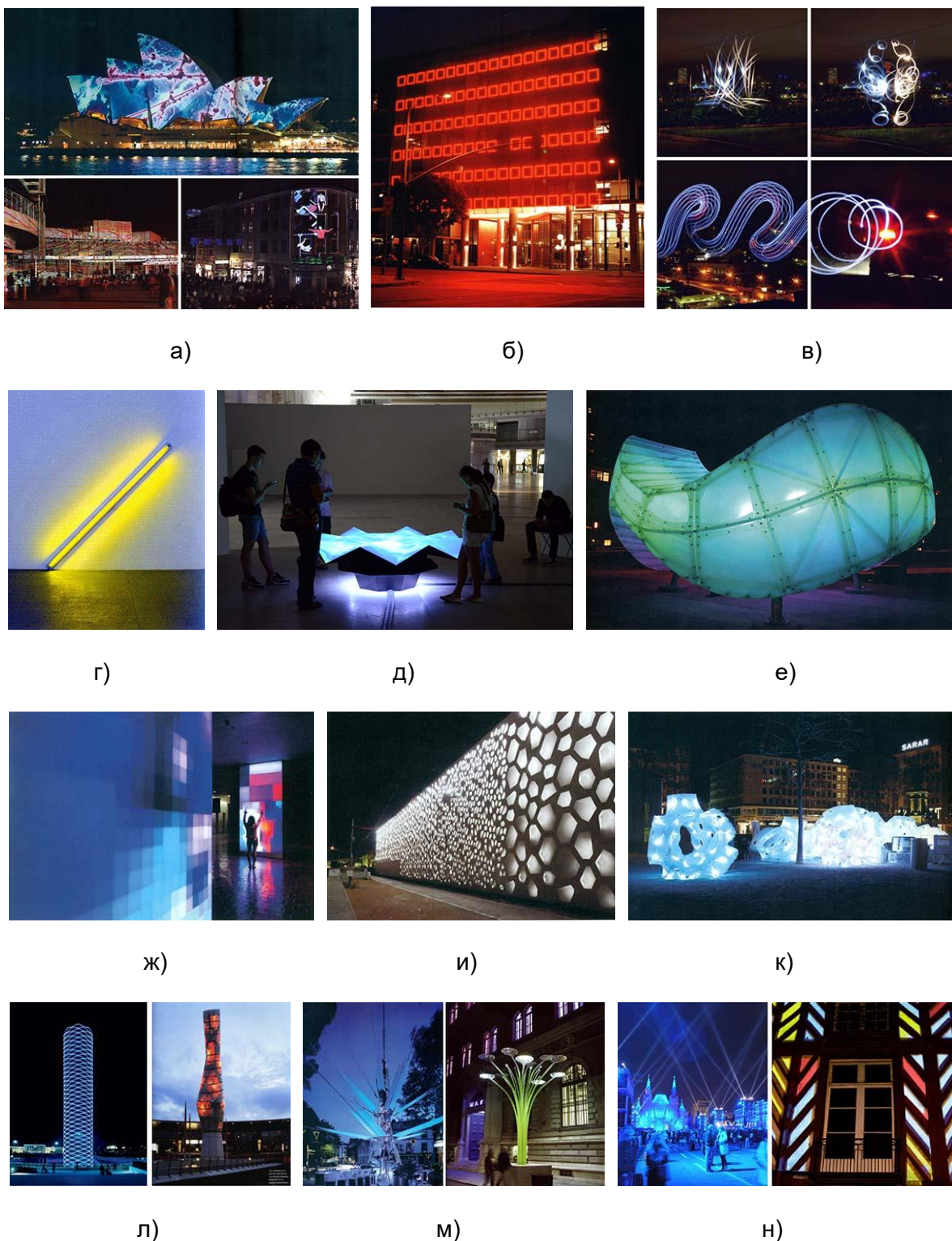


Рис. 1. Световые формы городской среды: а) видеомэппинг; б) светографика; в) светоживопись (Кристина Витько, студентка ДВГТУ, практическая работа «Художники света», 2009 г.; г) «неоновое искусство» [13]; д) световые инсталляции; е) световые

⁴ «Python – это высокоуровневый, объектно-ориентированный, тьюринг-полный, интерпретируемый язык программирования, предназначенный для решения самого широкого круга задач» [9].

скульптуры; ж) световые поверхности; и) медиафасады; к) световые структурные формы; л) световые вертикальные формы(© EASTERN Design Office); м) световые энергосберегающие формы; н) световые виртуальные, искусственные формы (© Concepto)

Второй эксперимент может заключаться в предъявлении светлотных стимулов или яркостных контрастов на предмет зрительного и эмоционального предпочтения при формировании световых форм городской среды с помощью семантического дифференциала и VR-гарнитуры. Исследование структуры образной репрезентации может достигаться методом вербального семантического дифференциала. Данный метод используется в исследованиях, изучающих поведение и восприятие человека, его социальные и личностные установки. Семантический дифференциал (СД) измеряет коннотативное значение, под которым понимается поведенческая реакция на слово, которое условно-рефлекторно связано с общей реакцией на объект, связанный с этим словом. Существует невербальный семантический дифференциал, но он был задуман как подобие вербального, где вместо противоположных слов использовались изображения, и тогда испытуемых просят зарисовать данные антонимы. В итоге получили рисунки, которые были объединены по группам, относящимся к данной словесной характеристике. В результате шкалирования методом СД в диапазоне противоположных значений реакция на коннотативное значение может быть предложена в виде рисунка. Причем каждое крайнее значение отрицательное и положительное также может быть выражено графически и распределено в определенную группу рисунков. Также сами рисунки могут характеризовать крайние противоположные шкальные значения [16].

Визуальный образ и перцептивная категоризация

Предметная форма художественного объекта всегда включает образные параметры и может определять когнитивную реакцию зрителя, который делает эмоциональные суждения по поводу структуры изображения (оптимистическое или положительное суждение, либо отрицательное тревожное – факторы Ч. Осгуда «оценка» и «активность»). Активность проявляется как присутствие того или иного коннотативного признака. Реалистичные изображения в своей структуре транслируют ещё больше визуальной информации, поднимая уровень содержания формы до сюжетного повествования. Это тем более справедливо по отношению к элементарным изобразительным формам, которые могут создавать многосоставной текст в виде знаков или схем. Предмет или форма могут составлять визуальный текст, а зритель сознательно наделяет структуру из знаков и форм определенной визуальной семантикой. Структурные элементы, составляющие изобразительную форму, взаимодействуют между собой, вызывая эмоциональную реакцию. Форма выражает символическое значение, а *«образ рассматривается как перцептивное высказывание о мире, имеющее компонентную семантическую структуру»* [16, с. 144].

Световые формы выражают в своем визуальном образе её художественную составляющую, созданную или предложенную дизайнером, однако это невербальное высказывание или облик не всегда совпадает с процессом категоризации у зрителя. Эта величина рассогласования, или, наоборот, близости семантических срезов может быть определена при статистической обработке анкет СД, в которых определяется и уточняется это расхождение, оцененное в рамках прилагательных антонимов или критериев световой формы. В анкетах могут быть предложены категоризации световых форм в двух планах: шкала перцептивных критериев световой формы и шкала субъективной уверенности в наличии критериев. В нашем исследовании при первичном подходе к решению проблемы светового образа при значительной разнице категоризации, могут быть предложены механизмы уменьшения различия в описании образа и принципы корректировки формы и ее светового оформления [16, с. 147].

В данной работе компьютерное моделирование и предъявление стимулов световых форм производится с целью выяснения элементарных светокомпозиционных закономерностей и

светового ритма для последующего их включения в световую форму или градостроительный элемент. Эти закономерности моделируются на примере архитектурной пластики фасадов зданий в исторических стилях. При помощи искусственного освещения выявляется световая пластика, стилистика и цвет фасадных поверхностей, архитектурные детали, акцентируется направление света, применяется полихромный свет и медиафасадные технологии [17] (рис. 2).



Рис. 2. Выражение светопластики в формах при создании 3D-моделей для предъявления в VR

В объемно-пространственной композиции или предметной форме объекта освещения моделируется «световой купол», «световая башня»; светом выделяются осевые пластические элементы фасада и формируются «световая арка», «световая ниша», некрупный выступающий декоративный элемент фасада или «световой ризалит» (табл. 1).

Таблица 1. Выражение световой формы (модуля) при создании 3D-моделей для предполагаемого предъявления в VR

Объемно-пространственная структура световой композиции			
I. Восприятие светового объема		II. Восприятие светового фасада	
День	Вечер	День	Вечер
Башня		Ризалит	
Купол		Арка	



При создании светового образа архитектурного объекта может использоваться система светокомпозиционных средств в проектировании художественного освещения улицы, общие приемы световой композиции (отражение, тень, световая интерпретация, прозрачность, цветоцветовая динамика, цветность), расширенные средства световой композиции: зеркальное, диффузное и смешанное отражение и его структурные возможности; контрастность (тень), световое пропускание или просвечивание, светокомпозиционная динамика, цветность [17]. На рисунке 3 представлена художественно-световая интерпретация освещения – световое выявление горизонтального рисунка освещения и формирование орнамента утилитарного уличного света (рис. 3).

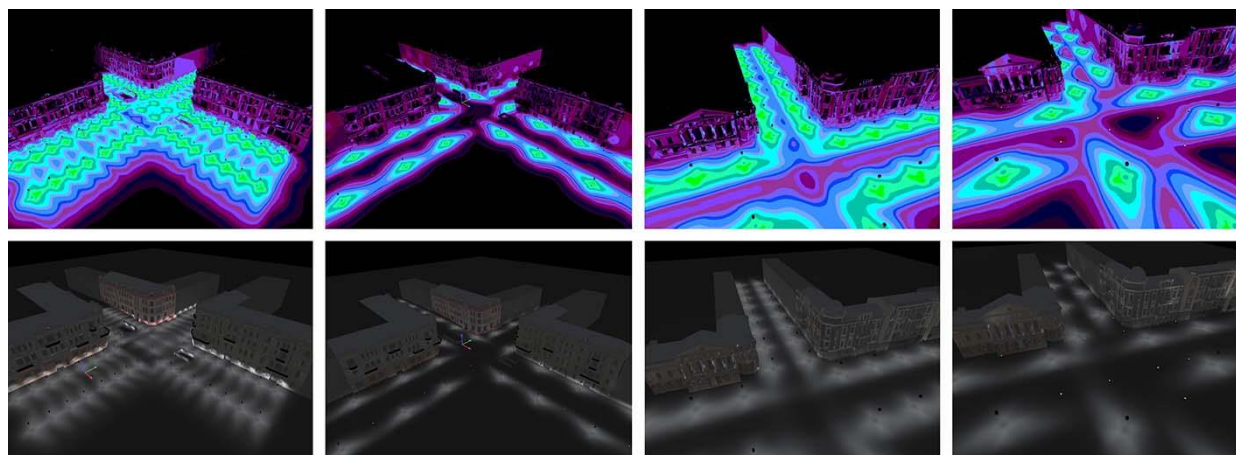

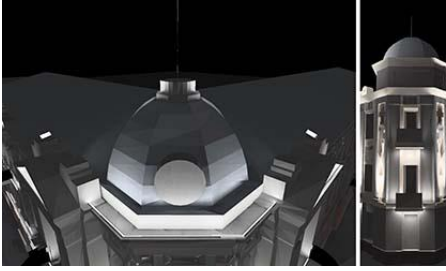
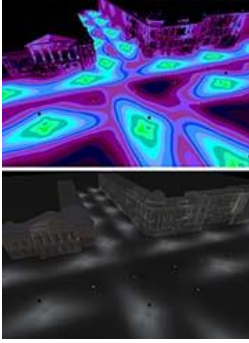

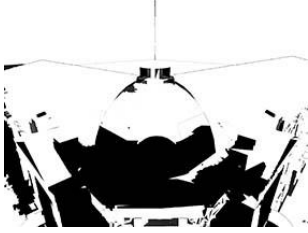



Рис. 3. Выражение рисунка горизонтального освещения в градостроительных элементах при создании 3D-моделей для предъявления в VR

В рамках следующего экспериментального этапа моделируются типовые яркие и цветовые контрасты, световые ритмы с образованием структурных закономерностей и ярких отношений в световых формах. При этом данные контрастные структуры могут быть имитированы в VR и предъявляться в гарнитуре и очках для зрителей, одновременно светотехническими методами определяются соотношения света и тени, т.е. определение отношений выраженной и пониженной яркости (табл. 2).

Таблица 2. Выражение соотношений яркостных контрастов, световых ритмов в светоформах при создании 3D-моделей для предъявления в VR

пластика	форма	рисунок
		
		
L_1/L_2	L_1/L_2	L_1/L_2

Использование комбинаторики при создании эстетики освещения архитектурно-световой формы

Перестановка или *пермутация* – это варианты размещения практически неизменных простых элементов по определенным законам или в свободном порядке, бессознательная и глубинная характеристика рационального мышления. Этот принцип, предоставляющий поле возможностей в процессе создания художественно-выразительной формы, можно наблюдать в искусстве, архитектуре, дизайне.

Современные компьютеры и нейросети дают возможность просчитать множество комбинаций элементов при помощи специальных алгоритмов. Есть общеизвестные способы комбинирования элементов: *перестановки* m ($m!$ – факториал числа m) – это число перестановок и соединений, отличающиеся порядком входящих в них объектов; *размещение* из m – это такие соединения, которые отличаются самими элементами или их порядком; *сочетания* из m – такие сочетания, которые отличаются только самими объектами. Эти способы показывают, что из ограниченного числа элементов можно составить множество различных комбинаций или вариантов. В изобразительном искусстве варианты соединений можно составлять в соответствии с художественными стилями или каждый раз индивидуально. «Правила сборки или свобода» составления объекта – характеристика, показывающая, насколько число элементов превышает число отношений, и таким образом определяется структура. «Разложив чувственное восприятие на элементы и отобрав из них определенную часть своего набора, художник обозначает их символами, накладывает ограничения на их сочетаемость, которые формулируются в виде «алгоритма», и приступает к исследованию полученного поля возможных вариаций» [18, с. 107, 108]. В данном исследовании математическая комбинаторика может использоваться как механизм построения максимально возможных вариантов светлотных и контрастных сочетаний световой формы с помощью ЭВМ или нейросетей⁵, а затем выполняется их проверка на нейропсихологический отклик (отрицательный или

⁵ Нейросети – математический алгоритм и модель, позволяющие комбинировать элементы информации и создавать обобщенные визуальные образы

положительный) через предъявление в эксперименте с VR-гарнитурой. В этом ключе применения в опытах комбинаторика и нейросети имеют общие для них методы статистической обработки и обобщения многочисленных данных и создания визуального образа, для комбинаторики – это простые элементы, для нейросетей – это данные эб-сети.

Выводы

Вопросы, рассмотренные в статье, и задачи, поставленные перед экспериментами, позволяют сделать ряд предположений относительно комфорта и создания благоприятного психологического светового климата городской среды. Рекомендации получены благодаря определенной последовательности экспериментов, которая выражается в начальном предъявлении в VR разработанных световых форм городской среды, затем регистрации нейропсихологического ответа респондента и его сенсорной системы. Соответствующая психологическая реакция позволяет делать выводы об эмоциональном характере и световом климате городской вечерней среды. Главные особенности ночной городской среды описывают уровень беспокойства или тревожности или, наоборот, она комфортна и приятна для находящегося в ней человека.

Опытное решение этих вопросов позволит выработать ряд градостроительных средств формирования комфортной ночной городской среды с помощью световых форм, восприятие которых имеет непосредственный характер в поле зрения человека. Кроме того, использование и изучение закономерностей распределения яркостных, цветовых контрастов в световой форме позволит выявить их эстетическую составляющую, которая также может быть воспринята как положительный или отрицательный параметр освещения световой формы.

Таким образом, основная цель данной работы состоит в определении путей организации порядка проведения исследований с использованием виртуальной реальности (VR) и получения нейропсихологического ответа зрителя при восприятии определенной цветоцветовой формы для дальнейшего формирования положительных эмоциональных свойств среды вечерне-ночного города.

Источники иллюстраций

Рис. 1 а) [10, 11]; б) [12]; в) Кристина Витько, студентка ДВГТУ, практическая работа «Художники света», 2009 г.; г) [13]; д) фото автора; е) ж) и) к) [14]; л) © EASTERN Design Office, [12]; м) [12, 15]; н) фото автора, © Concepto.

Рис. 2, 3. Рисунок автора.

Таблица 1, 2. Рисунки автора.

Список источников

1. Общая психология: в 7 т. Т. 2: Ощущение и восприятие / А.Н. Гусев: учебник для студ. высш. учеб.заведений / под ред. Б.С. Братуся. Москва: Издательский центр «Академия», 2009. 416 с.
2. Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design / E. Vilar, E. Filgueiras, F. Rebelo. Boca Raton: CRC Press, 2022. 234 p.
3. Whyte J. Virtual Reality and the Built Environment. Oxford: Architectural Press, 2022. 165 p.
4. Щепетков Н.И. Светодизайн города и интерьера: учебное пособие для высших учебных заведений. Москва, 2021. 456 с.

5. Худолеева Е.О. Сенсорные технологии и методы оценки цветоцветовых форм в средовом пространстве Владивостока / Е.О. Худолеева, В.Е. Карпенко // Новые идеи нового века – 2022: материалы Двадцать второй Международной научной конференции = The New Ideas of New Century – 2022: The Twenty-Second International Scientific Conference Proceeding: в 2 т. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Правительство Хабаровского края, Тихоокеанский государственный университет [и др.]; ответственный редактор Е.М. Самсонова, редакционная коллегия: Л.Г. Дьячкова [и др.]. Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2022. Т. 1. С. 226-232. URL: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/cb/83/cb838df6-bb73-4bc6-99a7-aa67cbb5a3d0/volume1-nionc-2022.pdf (дата обращения 26.03.2023).
6. Архитектура и эмоциональный мир человека / Г.Б. Забельшанский, Г.Б. Минервин, А.Г. Раппапорт, Г.Ю. Сомов. Москва: Стройиздат, 1985. 208 с.: ил.
7. Карпенко В.Е. Световые формы в городской среде / В.Е. Карпенко, Н.И. Щепетков // Светотехника. 2022. № 1. С. 4-10.
8. Эллард К. Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие. Москва: Альпина Паблишер, 2016. 288 с.
9. Прохоренок Н.А. Python 3 и PyQt 6. Разработка приложений / Н.А. Прохоренок, В.А. Дронов. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2023. 832 с.: ил.
10. Jackson D. et al. Superlux. Smart Light Art, Design and Architecture for Cities. New York: Thames & Hudson, 2015. 272 p.
11. Hank Haeusler M, Tomitsch M., Tscherteu G. New Media Facades. A Global Survey. – AVedition GmbH, Ludwigsburg, 2012. 248 p.
12. Bright. Architectural Illumination and Light Installation. 2008 Frame Publishers, Amsterdam. 2008 DGV – Die Gestalten Verlag GmbH & Co. KG, Berlin. 352 p.
13. Ефимов А.В. Цвет + форма. Искусство 20–21 веков (живопись, скульптура, инсталляция, лэнд-арт, дигитал-арт). Москва: Букс-МАрт, 2014. 616 с.
14. Bright 2. Architectural Illumination and Light Installation. Frame Publishers, Amsterdam, 2015. 368 p.
15. Bahamón A., Alvarez M. Light Color Sound. Sensory effects in contemporary architecture. New York. London: W.W. Norton & Company, 2010. 335 p.
16. Петренко В.Ф. Основы психосемантики. 2-е изд., доп. Санкт-Петербург: Питер, 2005. 480 с.: ил.
17. Карпенко В.Е. Принципы и средства световой композиции в современном искусстве и дизайне среды // Architecture and Modern Information Technologies. 2016. № (35). URL: https://marhi.ru/AMIT/2016/2kvart16/karpve/AMIT_35_KarpenkoV.pdf (дата обращения 26.03.2023).
18. Моль А. Искусство и ЭВМ / А. Моль, В. Фукс, М. Касслер. Москва: Издательство «Мир», 1975. 556 с.

References

1. *Obshhaja psihologija: v 7 t. T. 2: Oshhushhenie i vospriyatie* [General psychology: in 7 vols. Vol. 2: Sensation and perception]. Moscow, 2009, 416 p.

2. Vilar E., Filgueiras E., Rebelo F. *Virtual and Augmented Reality for Architecture and Design*. Boca Raton, CRC Press, 2022, 234 p.
3. Whyte J. *Virtual Reality and the Built Environment*. Oxford: Architectural Press, 2022, 165 p.
4. Shchepetkov N.I. *Svetodizajn goroda i inter'era: Uchebnoe posobie dlja vysshih uchebnyh zavedenij* [Lighting Design of the City and Interior: Textbook for Higher Educational Institutions]. Moscow, 2021, 456 p.
5. Khudoleeva E.O., Karpenko V.E. Sensor technologies and methods for assessing light color forms in the environment of Vladivostok. *The New Ideas of New Century – 2022: The Twenty-Second International Scientific Conference Proceeding*, vol. 1, 2022, pp. 226–232. Available at: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/cb/83/cb838df6-bb73-4bc6-99a7-aa67cbb5a3d0/volume1-nionc-2022.pdf
6. Zabelshansky G.B., Minervin G.B., Rappaport A.G., Somov G.Yu. *Arhitektura i jemocional'nyj mir cheloveka* [Architecture and the emotional world of man]. Moscow, 1985, 208 p.
7. Karpenko V.E., Shchepetkov N.I. *Light Forms in Urban Environment*. Light & Engineering, 2021, vol. 29, no. 4, pp. 6-15.
8. Ellard C. *Places of The Heart. The Psychogeography of Everyday Life*. New York, 2015, 256 p.
9. Prohorenok N.A. *Python 3 i PyQt 6. Razrabotka prilozhenij* [Python 3 and PyQt 6. Application Development]. Saint Petersburg, 2023, 832 p.
10. Jackson D. et al. *Superlux. Smart Light Art, Design and Architecture for Cities*. New York, Thames & Hudson, 2015, 272 p.
11. Hank Haeusler M, Tomitsch M., Tscherteu G. *New Media Facades. A Global Survey*. AVedition GmbH, Ludwigsburg, 2012, 248 p.
12. *Bright. Architectural Illumination and Light Installation*. 2008 Frame Publishers, Amsterdam. 2008 DGV – Die Gestalten Verlag GmbH & Co. KG, Berlin, 352 p.
13. Efimov A.V. *Cvet + forma. Iskusstvo 20–21 vekov (zhivopis', skul'ptura, installjacija, ljend-art, digital-art)* [Color + Shape. Art of the 20th–21st Centuries (Painting, Sculpture, Installation, Land Art, Digital Art)]. Moscow, 2014, 616 p.
14. *Bright 2. Architectural Illumination and Light Installation*. Frame Publishers, Amsterdam, 2015, 368 p.
15. Bahamón A., Alvarez M. *Light Color Sound. Sensory effects in contemporary architecture*. New York. London: W.W. Norton & Company, 2010, 335 p.
16. Petrenko V.F. *Osnovy psihosemantiki* [Basics of psychosemantics]. Saint Petersburg, 2005, 480 p.
17. Karpenko V.E. Principles and Means of Light Composition in Contemporary Art and Environment Design. *Architecture and Modern Information Technologies*, Moscow, 2016, no. 2(35). Available at: https://marhi.ru/AMIT/2016/2kvart16/karpve/AMIT_35_KarpenkoV.pdf
18. Moles A. *Art et Ordinateur*. Paris, Blusson, 1990, 318 p.

ОБ АВТОРЕ**Карпенко Владимир Евгеньевич**

Кандидат архитектуры, доцент, доцент Департамента архитектуры и дизайна Политехнического института (Школы), Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия;

член Союза архитекторов России; член Российского национального комитета Международной комиссии по освещению

karpenkove@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR**Karpenko Vladimir E.**

PhD in Architecture, Assistant Professor, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;

A member of the Union of Architects of Russia; A member of the CIE NC Russia

karpenkove@mail.ru