
УДК 81'367.625: 004.932.2

ДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ РЕПРЕЗЕНТАЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА

Александар Талески

к. филол. н., доцент кафедры теоретического и прикладного языкознания

Пермский государственный национальный исследовательский университет

614990, Пермь, Букирева, 15. taleski87@yahoo.com

Алёна Юрьевна Бурлака

магистрант 1 курса обучения

НИУ «Высшая школа экономики»

101000, Москва, Мясницкая, 20, проезд: м. Лубянка, м. Китай-город. au.burlaka@gmail.com

Работа посвящена анализу динамических аспектов мультимодальной репрезентации виртуального пространства, основанной на интеграции вербальных и визуальных данных для выявления когнитивных моделей пространственной репрезентации. В основе работы лежит комплексный эксперимент с участием 20 информантов, который включал фиксацию устного пересказа виртуального пространства и создание его визуальных ментальных карт. Полученные данные моделировались с использованием инструментов мультимодальной визуальной аналитики (Semograph, Creative Maps Studio, SciVi, Python), что обеспечило их формализацию и сопоставимость. Анализ моделированных данных позволил выделить текстовые и иллюстративные модели репрезентации виртуального пространства, для которых были выявлены сходные структурные закономерности. Текстовые модели отражают семантико-функциональную структуру пространства, визуальные – его количественно-пространственные параметры. Динамические модели выявили ядро и периферию когнитивных связей и показали дифференцирующие признаки, характерные для мультимодального воспроизведения информации.

Ключевые слова: виртуальная реальность; VR-пространство; мультимодальная репрезентация; когнитивные модели; динамические последовательности; ментальные карты.

Введение

Статья посвящена анализу динамических аспектов мультимодальной репрезентации виртуального пространства. Динамические аспекты репрезентации понимаются как организация пространственной информации. Данная организация проявляется в последовательности и процессуальности восприятия информации, структурирования и воспроизведения ее субъектом в ходе взаимодействия с пространством. Эти аспекты реализуются в виде когнитивных моделей, описывающих процессы восприятия, переработки и интерпретации информации в среде виртуальной реальности (VR).

VR в широком понимании трактуется как искусственно созданная информационная среда, функционирующая в интерфейсе «человек – компьютер» [Ладов 2004: 19]. VR в научном дискурсе разграничивается с мультимедиа, киберпространством и AR: в отличие от мультимедиа как аудиовизуальной технологии [Дворко 2004] и киберпространства как сферы электронных взаимодействий [Хайм 1995], VR является автономной системой моделирования искусств-

венных сред, тогда как AR лишь дополняет реальность [Яковлев, Пустов 2013; Azuma 1997; Caudell, Mizell 1992]. Сегодня VR занимает значимое место в методологии когнитивной лингвистики, открывая широкие перспективы для исследования механизмов сознания, памяти, мышления и человеческого взаимодействия [Heyselaar, Hagoort, Segal 2015; Peeters 2019].

VR-среда обладает рядом ключевых свойств – порожденностью, автономностью, иллюстративностью, интерактивностью и иммерсивностью, что позволяет рассматривать ее как специфическую когнитивно-коммуникативную площадку [Bryson: электр. ресурс; Castronovo et al. 2013: 23]. VR формирует стимулы в сенсорном поле пользователя и фиксирует его ответные реакции в реальном времени [Corey: электр. ресурс; Lanier 1992]. При этом степень погруженности в VR варьирует в зависимости от индивидуальных особенностей восприятия человека и качества технологической реализации [Зинченко, Меньшикова, Баяковский 2010; Zinchenko, Kovalev, Menshikova 2015]. Таким образом, свойства VR-среды, определяющие степень вовлеченности пользователя,

напрямую соотносятся с процессами ментальной репрезентации, поскольку именно через них происходит преобразование сенсорных стимулов в субъективные когнитивные модели воспринимаемого пространства.

При восприятии пространства и активации механизмов ментальных репрезентаций обеспечивается формирование умственных образов внешней среды на основе сенсорных данных и индивидуального опыта [Ребеко 1998; Холодная 2002]. Эти репрезентации носят субъективный и динамичный характер: они воспроизводимы, изменчивы и зависят от когнитивных, аффективных и социокультурных факторов [Ожерельева 2019; Прохоров 2021; Fauconnier 1994; 2009].

Ключевым инструментом изучения процессов формирования и динамической трансформации ментальных репрезентаций пространства является когнитивное моделирование. Модели позволяют аппроксимировать скрытые когнитивные процессы (восприятие, память, мышление и др.) и представить их в логически структурированном виде [Бирюков 1974; Хомский 1972; Sun 2008].

В лингвистике когнитивные модели репрезентации пространства изучаются как в текстовой, так и в иллюстративной форме. Вербальные репрезентации позволяют зафиксировать когнитивные стратегии описания пространства: выделение объектов, установление связей между ними, оценочные характеристики и даже эмоциональную окраску [Ожерельева 2019; Pitt: электр. ресурс]. Визуальные репрезентации, в свою очередь, опираются на ментальные карты и образные схемы [Mandler, Pagan Canovas 2014; Stevenson 1996]. Они позволяют анализировать пространственные нарративы и когнитивное картирование, которые трактуются как динамический процесс переработки информации о пространстве [Грудева 2021; Stea 2017].

Исследование как вербальных, так и визуальных способов репрезентации пространства подводит к необходимости их интеграции, что становится основанием для мультимодального подхода, который объединяет разнообразные данные, отражающие различные аспекты когнитивного процесса. Мультимодальная репрезентация пространства позволяет исследовать как универсальные когнитивные механизмы (устойчивые ориентиры, базовые объекты и др.), так и специфические различия в каналах передачи информации (семантическую группировку в вербальной форме и пространственное распределение в визуальной) [Белоусов и др. 2023; Lansdale 1998; Lansdale, Humphries, Flynn 2013].

Особую актуальность мультимодальный подход приобретает в VR как в специфическом ког-

нитивно-коммуникативном пространстве, в котором процессы восприятия, осмысливания и воспроизведения пространственных характеристик разворачиваются в условиях высокой иммерсивности. Такой подход обеспечивает выявление устойчивых структурных закономерностей и дифференцирующих признаков мультимодального воспроизведения пространственного опыта в VR-среде. Анализ динамических аспектов репрезентации VR-пространства может осуществляться в рамках различных репрезентативных каналов, однако их интеграция в мультимодальной перспективе предоставляет дополнительные аналитические возможности для описания когнитивных механизмов пространственного воспроизведения. В данной работе предлагаются мультимодальный и когнитивно-ориентированный подходы, основанные на интеграции устных пересказов и визуальных ментальных карт, позволяющие рассматривать динамику пространственной репрезентации как иерархически организованную систему когнитивных моделей последовательности, процессов и структур. Отсюда и основная гипотеза исследования, которая состоит в том, что одни и те же когнитивные модели реализуются в вербальном и визуальном каналах репрезентации с различной функциональной нагрузкой.

Интеграция устных пересказов и визуальных ментальных карт открывает возможность фиксировать динамические модели репрезентации на различных уровнях: от последовательностей действий до структурных особенностей пространственных представлений. Это дает возможность напрямую сопоставлять вербальные и визуальные данные, что становится фундаментом для анализа когнитивной организации восприятия виртуальной среды. Для достижения этих целей применяется комплексный эксперимент, который реализует мультимодальный подход и позволяет проследить взаимодействие когнитивных и коммуникативных процессов в рамках взаимодействия с VR-пространством.

Методика эксперимента

В эксперименте приняли участие 20 информантов – представителей одной социальной группы (все информанты – девушки, студентки филологического факультета); таким образом исключается влияние разных экстралингвистических факторов на результаты эксперимента.

Эксперимент включал три этапа.

Первый этап эксперимента проводился в специально созданной VR-среде, реализованной на базе игрового движка Unreal Engine, предоставляющего готовые подсистемы для моделирования VR. Данная VR-платформа включала три

компоненты: сцены, персонажа (говорящего) и предметы (референты и ориентиры). Сцены носили статический характер, персонаж и предметы выполняли декоративную функцию, однако персонаж обладал речью. Платформа позволяла варьировать независимые переменные, включая объекты сцены. Смоделированное VR-пространство

ство представляло собой кафе с 19 квадратными столами и 38 стульями, расположенными вдоль стен и в центре зала. На столах находились еда и посуда, интерьер дополняли горшки с цветами, картины, часы, радиаторы и панорамные окна и др. Эти элементы служили ориентирами в пространстве (см. Рисунки 1–2).



Рисунок 1. Фрагмент первого этапа эксперимента

В эксперименте использовались три сцены: одна лично-ориентированная и две пространственно-ориентированные. При их построении учитывались три коммуникативных параметра: взаимное расположение коммуникантов (face-to-face, face-to-back, side-by-side conversation); местоположение референтов во внутреннем или внешнем пространстве коммуникации; нахождение референтов в поле зрения коммуникантов либо вне его (подробнее см. [Талески 2024]).

Первая сцена – лично-ориентированная, отражающая коммуникацию лицом к лицу (см. Ри-

сунок 2). В ней выделено 13 референтов, расположенных во внутреннем и внешнем пространстве коммуникации. Вторая сцена является пространственно-ориентированной, в ней информант находится рядом с говорящим, но затем их позиции изменяются в процессе движения. Здесь также зафиксировано 13 референтов, функционирующих во внешнем пространстве. Третья сцена – также пространственно-ориентированная, но с собеседником за спиной говорящего. Она включает 14 зон интереса, при этом параметр «поле зрения» варьирует в зависимости от позиции референта.

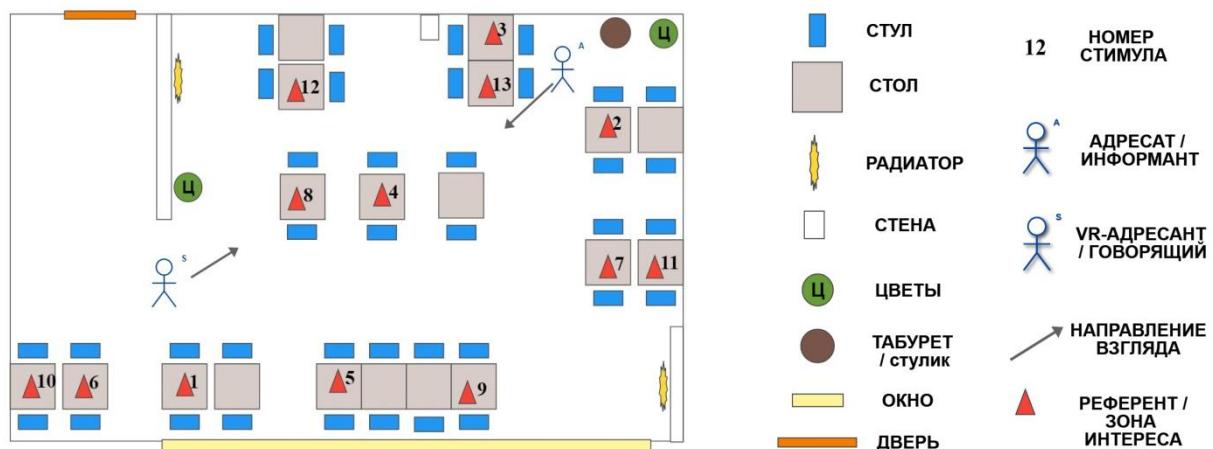


Рисунок 2. Условные обозначения и макет сцены 1

На основе анализа экспериментальных сцен и реплик, заимствованных из предыдущего исследования и адаптированных к данному этапу эксперимента, было выделено 40 зон интереса [там же]; количество зон интереса было обусловлено

набором референтов в виртуальном пространстве. Каждая зона соотносилась с репликой, которая предъявлялась информанту, например, *Предмет перед Вами на ближайшем от Вас столе*. Реплики включали комбинации ориентиров разных

типов (аллоцентрический, геоцентрический, эгоцентрический) [см. Bryant 1992; Levinson 1996; 2003], по которым необходимо было найти предмет в VR-пространстве и указать на него с помощью джойстика. Реплики и основные параметры сцены заимствованы из исследования дейктического и коммуникативного поведения говорящего в VR [Талески 2024].

В данной работе рассматриваются результаты второго этапа, посвященного репрезентации виртуального пространства и крайне важного в структуре эксперимента в целом. Задания второго этапа сообщались информантам только после завершения первого, что позволило исключить сознательную регуляцию поведения. Согласно наблюдениям когнитологов, переработка информации на бессознательном уровне происходит быстрее и эффективнее вне зависимости от ее сложности [Дружинин 2002: 17].

Итак, после завершения первого этапа, идентичного для всех информантов, на втором этапе участники были разделены на две равные группы по 10 человек. Обеим группам предлагались сходные задания, которые заключались в репрезентации виртуального пространства, воспринятого на первом этапе эксперимента. При этом формы репрезентации различались: информанты первой

группы осуществляли презентацию в устной форме в виде связного рассказа о виртуальном пространстве, тогда как участники второй группы выполняли задание посредством визуализации пространства в форме ментальной карты.

Устные рассказы информантов о пространстве фиксировались на видеокамеру. Суммарная продолжительность записей составила 23 минуты 17 секунд. Записи были расшифрованы, в результате чего было получено 10 текстов информантов. Данный текстовый материал подвергался многоуровневой обработке: вербальные реакции синхронизировались с невербальными средствами (жесты, мимика, движения глаз). Реплики разделялись на фразы и синтагмы, каждая из которых соотносилась с соответствующим невербальным элементом. Для систематизации данных создавался проект в ИС «Семограф», где каждой реакции соответствовал отдельный контекст (см. фрагмент контекста в ИС «Семограф» на Рисунке 3). Это позволило проводить анализ пространственной семантики и функций каждого средства коммуникации. Результаты анализа включали сведения о плотности связей между компонентами и метатекстовой информации [см. Belousov, Erofeeva, Leshchenko 2017; Рябинин, Баранов, Белоусов 2017; Рябинин, Белоусов, Чуприна 2018].

Context "Ии 7"

The screenshot displays the 'Context "Ии 7"' interface in the 'Семограф' system. At the top, there are tabs for 'Components', 'Words', 'Collocations', and 'All'. Below this is a 'Term' search bar containing 'На каждом из этих столов'. The main area contains the following sections:

- Name:** Ии 7
- Lang:** Russian
- Editor:** Words (selected tab)

[Руки склонены между бёдрами ладонями друг к другу – исходное положение] Я сейчас находилась в ресторане. Ааа... одно из э... [небольшой поворот влево всем телом, затем исходное положение] стен [взмах правой рукой по кругу в сторону собеседника, затем руки принимают исходное положение] это было панорамное окно [наклон туловища вправо, затем исходное положение]. Ааа... вдоль, собственно, стен [движение правой рукой по горизонтали, затем исходное положение] были столики [колени сдвигаются, затем исходное положение]. Некоторые столики представляли из себя [обе руки поднимаются на уровень груди] сдвоенные квадратные столики [руки дважды движутся друг к другу и обратно], а
- Metafields:**
 - Место (город) проживания: 1. Пермь
 - Ранее использование устройств VR: 1. нет
 - Оценка: 1. небольшой
- Fields:**

Name	T	F	FR
Вычислительные модели	72	8	82
Динамические модели	33	7	50
Статические модели	22	10	68
Дейктические модели	306	10	545

Рисунок 3. Фрагмент контекста в ИС «Семограф»

При визуализации репрезентации пространства с помощью ментальной карты (см. Рисунок 4) информанты выполняли задачу в редакторе когнитивной графики Creative Maps Studio (см. <https://creativemaps.studio>), предназначенному для

создания и анализа цифровых репрезентаций. С его помощью были созданы векторные изображения объектов VR-пространства первого этапа, параметры которых (цвет, размер) можно варьировать в заданных пределах [Белоусов и др.

2023]. Участники эксперимента использовали эти изображения для визуализации ментальных карт на основе пространственной памяти. Векторный формат карт в редакторе Creative Maps Studio упрощает анализ данных и позволяет

сравнивать визуальные и вербальные репрезентации, что делает платформу удобным инструментом для изучения ментальных карт и когнитивных моделей ориентации (см. подробнее [Chumakov et al. 2021]).



Рисунок 4. Фрагмент иллюстрации VR-пространства на платформе Creative Maps Studio

Для обработки данных использовался модуль Creative Maps Studio, реализованный на принципах DFD (Data Flow Diagram) и аналогичный архитектуре визуальной аналитики SciVi [там же]. Этот модуль обеспечивал классификацию ментальных карт, а также последовательное выполнение алгоритмов и обмен данными между ними.

На основе анализа полученных данных выделялись классификационные категории, формировавшие когнитивные модели. Среди разнообразных когнитивных моделей и их разновидностей (вычислительных, изобразительных, статических, динамических модели в текстах и в иллюстрациях, дейктических, моделей ракурса, стилевых моделей в иллюстрациях и др.) в данном случае рассматривались только к динамические модели – текстовые и иллюстративные. Построенные когнитивные динамические модели способствовали выявлению механизмов поведения в виртуальном пространстве.

Модели текстовых репрезентаций

Среди моделей текстовых репрезентаций выделяются три типа: модели последовательности, модели передвижения и модели процессов.

Модели передвижения формируются за счет глагольных и отглагольных лексем, репрезентирующих изменение или фиксацию пространственного положения объектов. Эти модели содержат всего несколько лексем: *перемещались, выстроены, сдвинуты, составлены, повешены, разделены*. Кроме того, в ходе анализа выделена доминирующая группа лексем со значением статического пространственного положения. Еди-

ницы этой группы описывают объекты в состоянии покоя и их локализацию, что отражает статичный характер описываемой визуальной сцены и является доминирующей стратегией в нарративах информантов. Это характеризует пространство как статичное, поскольку перемещаться по виртуальному помещению может только говорящий, а все описываемые предметы и собеседник остаются неподвижны.

Модели процессов включают лексемы с семантикой мыслительных, визуальных и речевых процессов, например: *забыла, помню, видела, рассмотрела, говорил, пытался объяснить* и др. Отнесение моделей процессов к классу динамических моделей обусловлено тем, что они репрезентируют не изменение положения объекта в пространстве, а динамику его ментальной репрезентации. Данные модели вербализуют активные процессы когнитивного конструирования образа пространства (припомнание, интерпретацию), перцептивного взаимодействия с ним (наблюдение, осмотр) и его коммуникативного согласования. Таким образом, динамика здесь проявляется на уровне развертывания внутреннего образа и позиции наблюдателя (эгоцентрической/аллоцентрической), что делает эти модели ключевыми для понимания того, как пространство не просто отражается, но проживается и порождается в акте речи.

Модели последовательности представлены в виде интерактивного кругового графа (см. Рисунок 5), построенного в системе SciVi (<https://scivi.semograph.com>), с настраиваемыми средствами предобработки отображаемых данных.

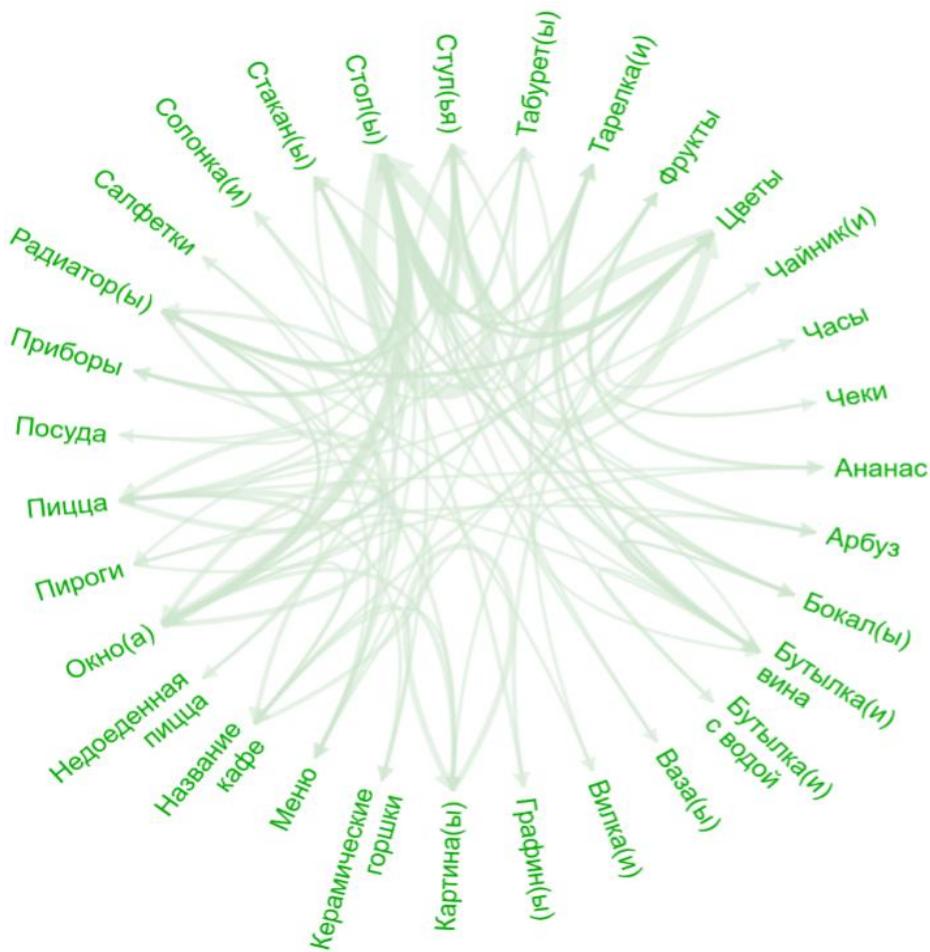


Рисунок 5. Интерактивный круговой граф, построенный в системе SciVi

Дуги графа заданы квадратичными кривыми Безье, построенными на основе трех контрольных точек: первая и третья фиксируются в соединяемых вершинах, а вторая располагается в центре окружности. Толщина дуг варьирует пропорционально их весу. Благодаря модульной структуре графа становится возможным выявление устойчивых компонентов, отражающих специфику пересказов информантов, а также визуализации частотности связей между ориентирами [Рябинин 2017].

Для обеспечения аналитической функциональности кругового графа реализованы различные интерактивные возможности, включая масштабирование, фильтрацию вершин и дуг по весу, выделение и редактирование вершин, изменение цвета и порядка уровней иерархии, а также работу с кластерами и многосрезовыми визуализациями с помощью дискретной шкалы (квазизум) [Бондарев, Галактионов, Шапиро 2017].

В графе (Рисунок 5) отражены все полученные ориентиры: гиперонимы и гипонимы. Они соответствуют вершинам, которые равномерно распределены по окружности. С помощью дуг визуально представлена связь между ориентирами.

Для более детального анализа этих связей целесообразно обратиться к количественным характеристикам графа. В терминах сетевого анализа частотность может интерпретироваться двояко: как показатель прочности ребер, то есть устойчивости связок между объектами, и как показатель центральности узлов, отражающий частоту участия конкретного ориентира в различных комбинациях. Первый параметр позволяет выявить устойчивые когнитивные последовательности, формирующие уровни сети, тогда как второй фиксирует ключевые ориентиры, вокруг которых группируются связи. Такое разграничение позволяет учесть как структурные, так и функциональные характеристики исследуемого материала.

Все отраженные на графике последовательности ориентиров условно разделяются на ядро и периферию (ближнюю и дальнюю). Такое деление выбрано авторами исследования, так как оно основано на принципе частотности ребер, что позволяет дифференцировать устойчивые и периферийные когнитивные связи. Пороговые значения выбраны на основании анализа распределения частот, что позволило выделить группы свя-

зей, существенно различающиеся по степени устойчивости. Максимальная частотность последовательностей составила 19. В ядро вошли наиболее частотные последовательности – те, которые встречаются 12 и более раз; к ближней периферийной зоне относятся такие последовательности,

которые встречаются 4–11 раз; все остальные последовательности (*арбуз – тарелка, вилка – картина, меню – столик* и др.) считаются дальней периферией. В Таблице представлены все последовательности, вошедшие в ядро и ближнюю периферию.

Таблица

Ядерные и ближнепериферийные последовательности и их частотность

Частотность (раз)	Последовательности	Зона
19	стол(ы) – стол(ы)	Ядро
14	окно(а) – стол(ы)	
12	цветы – цветы	
8	стол(ы) – окно(а) стол(ы) – стул(ъя)	Ближняя периферия
5	пицца – пицца окно(а) – окно(а) картина(ы) – картина(ы)	
4	стул(ъя) – стол(ы) стол(ы) – бутылка(и) вина цветы – радиатор(ы)	

С точки зрения центральности узлов, стоит отметить, что ключевым ориентиром являются *стол(ы)* (см. Рисунок 6), именно этот ориентир входит в большинство последовательностей (50). Это объясняется, во-первых, количеством столов в помещении и их распределенностью (координаты многих других ориентиров было удобно определить через *столы*); во-вторых, их функциональной важностью для пространства кафе (они являются одним из важнейших элементов для определения назначения пространства). Вторым по важности является ориентир *окно(а)* (21 последовательность), а третьим – *цветы* (20 последовательностей).

Отдельного внимания заслуживают циклические последовательности, то есть такие, где начальная и конечная точка совпадают, например *стол(ы) – стол(ы)*. Их высокая частотность объясняется логикой изложения: описывая помещение, информанты неоднократно возвращались к наиболее значимым для них объектам. Такие циклы чаще всего формируются вокруг центральных ориентиров – *столов, окон, цветов*, а также *пицц и картин*, чья частотность превышает 5. Реже встречаются циклы с ориентирами *стакан(ы), бутылка(и) вина, название кафе, пироги, радиатор(ы), стул(ъя) и табуретка(и)*, частотность которых составляет от 1 до 3.

Циклические последовательности в пересказах о пространстве представляют собой вербальную проекцию механизмов когнитивной структуриации, где ключевые ориентиры выступают в роли смысловых опор, обеспечивая связность высказывания за счет их повторной активации в рабочей памяти. Этот паттерн показывает, как целостный визуальный образ постепенно преоб-

разуется в последовательный устный пересказ. Частота возвратов к одним и тем же объектам связана с их значимостью в ментальной картине пространства. Выделение ключевых ориентиров отражает работу устойчивых когнитивных схем, так как повторные упоминания таких объектов выполняют роль опорных точек, которые помогают сохранить целостность пространственной модели в процессе ее вербализации.

Статус опорных точек закрепляется за ориентирами, способными выполнять двойную функцию: обеспечивать целостность семантических групп через внутренние циклические последовательности и одновременно служить связующими мостами между различными категориями объектов в процессе развертывания дискурса. Большинство последовательностей логичны и соединяют ориентиры, находящиеся в одной семантической группе. Удалось выделить три такие группы: 1) предметы, «слитые» со стеной, находящиеся близко к ней, например *картина, часы, окно, надпись с названием кафе, керамические горшки*; 2) предметы, находящиеся на столах, например *еда, посуда, приборы, графин, чеки, меню, ваза, бутылки, солонка, салфетки*; 3) другие предметы мебели и интерьера, например *столы, табуретки, стулья, цветы*. При этом три ключевых ориентира – *стол(ы), окно(а), цветы* – часто используются для перехода от одной группы к другой во время пересказа.

Эпизодически встречаются такие периферийные последовательности, например, *пицца – керамические горшки, меню – радиаторы, графин(ы) – цветы, бутылка(и) вина – радиаторы, арбуз – стулья* и др. Они являются нетипичными и отражают резкий переход между семантическими группами.

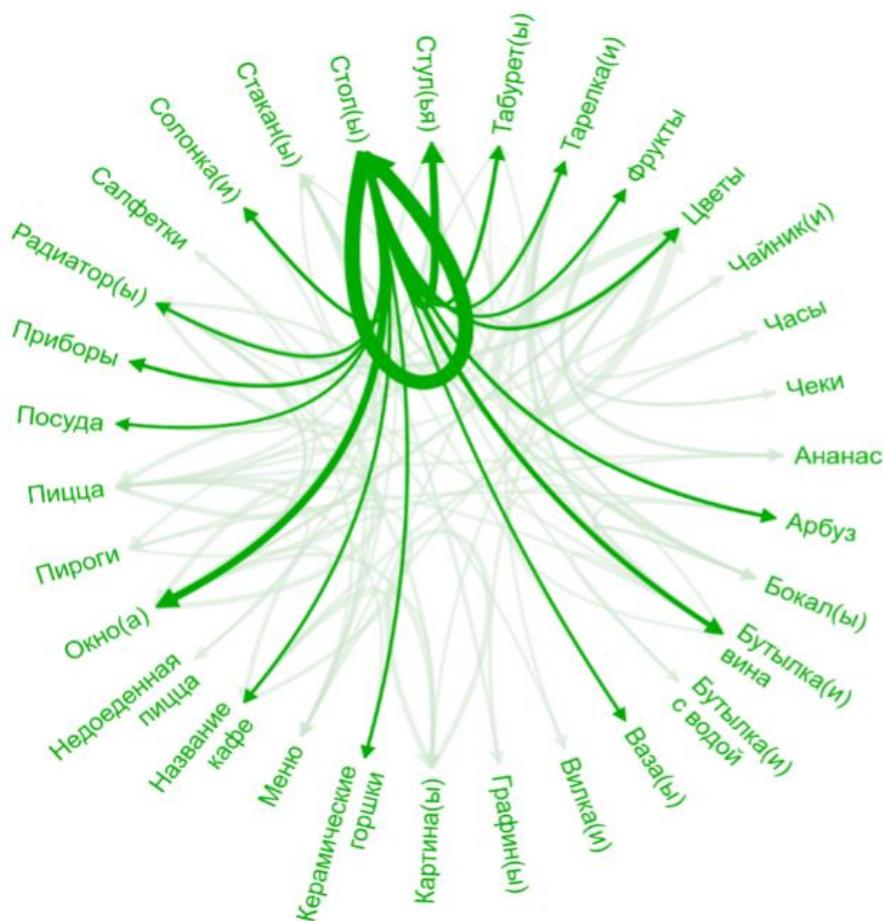


Рисунок 6. Последовательности, начальная точка которых – ориентир *стол(ы)*

Модели визуальных репрезентаций

Для иллюстративных материалов так же, как и для текстовых, был применен анализ последовательности, в которой информанты совершают операции с ориентирами (добавляют, перемещают или изменяют параметры). Анализ последовательности таких операций отражает динамику визуализации VR-пространства и может указывать на значимость объектов и закономерности их использования.

Для анализа динамических моделей, в первую очередь, использована частотная обработка биграмм (последовательных пар ориентиров), извлеченных из линейного текста. Сначала длинная строка, содержащая перечисление объектов, например *Столик, Стул, Окно, Пицца* и т. д., была обработана с помощью метода токенизации по пробелу (`split()`). Таким образом, строка была разбита на отдельные элементы (токены).

На следующем этапе из полученного списка слов были извлечены биграммы с помощью функции `ngrams` из библиотеки NLTK, настроенной на длину 2. Каждая биграмма представляет собой переход от одного объекта к другому при воспроизведении ментальной карты виртуального пространства.

С использованием структуры Counter из модуля collections подсчитаны частоты биграмм, т. е. для каждой уникальной пары объектов определено, сколько раз она встречалась. Наконец, результаты отсортированы по убыванию частоты появления, что позволило выделить наиболее типичные и представительные связи объектов в структуре сцены (см. Рисунок 7).

Такой способ обработки последовательности появления объектов при репрезентации служит инструментом выявления закономерностей в когнитивной организации визуального пространства. Последовательность может быть интерпретирована как отражение ментальной структуры сцены, зафиксированной участником эксперимента.

Всего обнаружено 182 разновидности последовательностей. Все разновидности, как и для текстов пересказа, на основе анализа распределений частот разбиты на группы по частотности встречаемости: ядерная (частотность выше 9¹), периферийная, включающая ближнюю периферию (частотность 4–9) и дальнюю периферию (частотность 1–3).

Ключевым ориентиром в случае с иллюстрациями является *стул* – с ним связано 253 последовательности. Вторым по встречаемости явля-

ется ориентир *столик* (213), а третьим – *бокал вина* (100). Частично это повторяет результаты первой вариации эксперимента, т. к. *стол* и там являлся одним из ключевых ориентиров. Тем не менее, *окно* и *цветы* в иллюстрациях встречаются значительно реже – 59 и 61 раз соответственно; *стул* и *бокал вина*, напротив, выходят на первый план. Эти различия, скорее всего, связаны с количеством ориентиров в виртуальном помещении и спецификой типов репрезентации.

В текстовой репрезентации на первый план выходят более функционально значимые ориентиры (*стол*), которые, к тому же, часто используются для указания на другие ориентиры, и визуально выделяющиеся элементы (*окно, картина, цветы, пицца*), а в иллюстрациях ключевые ориентиры могут отражать лишь количество этих объектов в пространстве. Так, хотя окна есть на 9 иллюстрациях из 10, их количество значительно меньше, чем стульев. Если рассматривать не количество элементов, а встречаемость (есть

объект или нет) в каждой иллюстрации, то результаты анализа принципиально меняются. В этом случае ключевыми элементами будут те, что есть на всех иллюстрациях: *стол, стул, цветы, картина, бокал вина*.

Еще один подход к определению ключевых ориентиров основан на выделении объектов, которые добавлялись информантами в первую очередь. Именно с них начинался процесс визуализации, от их местоположения информанты отталкивались при распределении последующих предметов. Такими ориентирами являются: *стол* (у информантов 11, 12, 17, 18), *окно* (у информантов 13, 15, 16, 20), *картины* (у информанта 14) и *радиатор* (у информанта 19); большая часть из них соотносится с ключевыми ориентирами текстовой репрезентации. В случаях, когда объект добавляется первым только у одного информанта, после этого объекта добавляется один из ключевых ориентиров текстовой репрезентации (у информанта 14 это *стол*, а у 19 – *цветы*).

1	Биграмма	Частота
2	Стул Стул	199
3	Столик Столик	126
4	Бокал_вина Бокал_вина	70
5	Окно Окно	39
6	Тарелка Тарелка	31
7	Комнатное_растение Комнатное_растение	25
8	Столик Стул	14
9	Меню Меню	12
10	Бутылка_вины Бутылка_вины	10
11	Стул Столик	9
12	Вилка Нож	8
13	Стакан Стакан	7
14	Столик Бутылка_вины	5
15	Радиатор_отопления Комнатное_растение	5
16	Тарелка Вилка	5
17	Столик Арбуз	4
18	Стул Комнатное_растение	4
19	Столик Пицца	4

Рисунок 7. Фрагмент таблицы с последовательностями операций с ориентирами при иллюстрирующей репрезентации

Сравнение моделей текстовых и визуальных репрезентаций

Пересечения визуальной и текстовой репрезентаций выявлялись путем сопоставительного анализа наиболее репрезентативных элементов

текстовых и иллюстративных моделей; в качестве основания для сравнения использовались ключевые ориентиры. Пересечения моделей говорят о тесной связи процессов обработки информации о пространстве. Вероятно, в обоих

случаях реконструкция ментальной карты проходит с опорой на конкретные объекты, которые функционально важны для помещения или визуально выделяются, остальные же объекты «достраиваются» вокруг ключевых. Эту гипотезу подтверждают также распределение ориентиров по семантическим группам в текстовой репрезентации и последовательность добавления объектов в иллюстрациях (сначала используются более крупные, основные ориентиры, затем распределяются детали).

В визуальной репрезентации распределить ориентиры на семантические группы невозможно, так как чаще всего переход между ними резкий. Наиболее логичным в этом случае представляется разделение объектов на базовые и добавочные. К деталям будут относиться небольшие объекты, которые находятся на столах (посуда, меню, различная еда и т.д.) и на стенах (маленькие цветы, часы). Они чаще всего добавляются после основных, однако являются также значимыми, присутствуют на всех иллюстрациях. Отсутствие разделения на семантические группы связано с особенностью иллюстрирования. В отличие от текстовой репрезентации, информантам, которые визуализировали VR-пространство, не нужно было организовывать языковой переход от одного ориентира к другому, зато необходимо было спланировать распределение места на иллюстрации.

Важно отметить, что закономерность с частотностью циклических последовательностей, обнаруженная при анализе рассказов, проявляется и при репрезентации пространства в виде иллюстраций. Все ядерные последовательности за исключением *столик – стул* являются циклическими. При этом среди ближнепериферийных только одна последовательность, а именно *стакан – стакан*, является циклической, и таким образом вероятность появления такого типа последовательности снижается с 0,97¹ (в ядерных последовательностях) до 0,9 (в ближнепериферийных), в отличие от последовательностей текстовой репрезентации, где вероятность циклической последовательности в этих двух группах различалась только в два раза (0,68 для ядерных и 0,34 для ближнепериферийных).

Такие различия могут быть связаны с особенностями типов репрезентации. При пересказе информанты, упоминая ориентиры, говорили об их свойствах более подробно и создавались циклические последовательности, в то время как при иллюстрировании не было необходимости говорить о свойствах добавочных объектов, и информант переходил к другому ориентиру, расположение которого чаще всего было вблизи предыдущего. При этом в случае с базовыми пред-

метами циклические последовательности были не менее частотными, чем в текстовой репрезентации, так как они создавали основу для распределения деталей.

Циклические последовательности обычно встречаются вокруг ключевых, т. е. наиболее частотных ориентиров в иллюстрирующей репрезентации: *стул – стул* (199 последовательностей), *столик – столик* (126), *бокал вина – бокал вина* (70), *окно – окно* (39), *тарелка – тарелка* (31), *цветы – цветы* (25) и др.

Заключение

Исследование динамических аспектов мультимодальной репрезентации VR-пространства подтвердило эффективность интеграции вербальных и визуальных данных для выявления когнитивных моделей восприятия. Результаты показали, что текстовые и иллюстративные репрезентации формируют сходные структурные закономерности, включая выделение ключевых ориентиров, циклические последовательности и распределение объектов по степени значимости. При этом текстовые модели чаще отражают функциональную значимость объектов и их семантическую организацию, тогда как визуальные репрезентации фиксируют количественные и пространственные характеристики объектов, включая их первичность при построении ментальной карты.

Динамические модели последовательностей, передвижений и процессов позволили выявить ядро и периферию когнитивных связей, демонстрирующих устойчивость ключевых ориентиров и вариативность второстепенных объектов. При этом наблюдается тенденция к распределению ориентиров по принципу «близко – далеко», а также по семантической и функциональной принадлежности. Циклические последовательности, характерные для ключевых ориентиров, подтверждают повторяемость когнитивных стратегий, а различия в вероятностях их возникновения между текстовой и визуальной репрезентацией отражают специфику мультимодального воспроизведения информации. Динамические модели также фиксируют закономерности последовательности добавления и изменения ориентиров, демонстрируя выбор ключевой информации о пространстве и структуру ее репрезентации.

Таким образом, мультимодальный подход к анализу VR-пространства позволяет не только фиксировать структурные и функциональные особенности когнитивной организации, но и выявлять механизмы обработки информации в различных каналах репрезентации.

Дальнейшие исследования в этой области могут сосредоточиться на более детальном изуче-

нии взаимосвязей между семантической, функциональной и пространственной структурой объектов в VR, а также на выявлении закономерностей индивидуальных стратегий репрезентации. Это открывает возможности для разработки адаптивных VR-интерфейсов и образовательных сред, учитывающих когнитивные особенности пользователей, а также для моделирования диагностических когнитивных карт, способных предсказывать поведение и восприятие в виртуальных средах.

Примечания

¹ Различие пороговых значений (12 для текстовых и 9 для иллюстративных моделей последовательности) обусловлено неодинаковой плотностью ориентиров и связей в вербальных и визуальных репрезентациях и определялось на основе соотношения среднего числа ориентиров и частотных распределений, что обеспечивает сопоставимую когнитивную нагрузку и аналитическую эквивалентность выделяемых ядер.

² Вероятность циклической последовательности рассчитана как доля циклических последовательностей в общей численности последовательностей каждой группы, что позволяет оценить их устойчивость и соотнести с зонами ядра и периферии.

Список литературы

Белоусов К.И., Баширов Р.К., Зелянская Н.Л., Лабутин И.А., Рябинин К.В., Чумаков Р.В. Профилирование концептуальных систем на основе комплекса методов психосемантики и машинного обучения // Научно-техническая информация. Информационные процессы и системы, 2023. № 7. С. 1–14.

БСЭ – Моделирование. Большая советская энциклопедия / под общ. ред. Б.В. Бирюкова. [Электронный ресурс]. URL: <http://bse.slovar-online.com/> (дата обращения: 12.10.2025).

Бондарев А.Е., Галактионов В.А., Шапиро Л.З. Обработка и визуальный анализ многомерных данных // Научная визуализация. М.: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2017. К. 4, Т. 9, № 5. С. 86–104.

Грудева Е.А. Ментальные структуры в лингвокогнитивной парадигме // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. № 7 (109). С. 33–37.

Дворко Н.И. Режиссура мультимедиа: Генезис, специфика, эстетические принципы: дис. ... д-ра искусствоведения. СПб., 2004. 334 с.

Дружинин В.Н. Когнитивная психология: учебник для вузов. М.: ПЕР СЭ, 2002. 480 с.

Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М. Технологии виртуальной реальности:

методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал, 2010. № 1 (3). С. 54–62.

Ладов В.А. ВР-Философия (философские проблемы виртуальной реальности. Учебно-методическое пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. 62 с.

Ожерельева Т.А. Когнитивная репрезентация // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении, 2019. № 3. С. 9–17.

Прохоров А.О. Ментальные репрезентации психических состояний: теоретические и экспериментальные аспекты // Познание и переживание, 2021. Т. 2. № 2. С. 28–52.

Ребеко Т.А. Ментальная репрезентация как формат хранения информации // Ментальная репрезентация: динамика и структура. М.: Институт психологии, 1998. С 25–54.

Рябинин К.В., Баранов Д.А., Белоусов К.И. Интеграция информационной системы Семограф и визуализатора SciVi для решения задач экспериментального анализа языкового контента // Научная визуализация. М.: Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2017. К. 4. Т. 9. № 4. С. 67–77.

Рябинин К.В., Белоусов К.И., Чуприна С.И. Средства визуальной аналитики для комплексного исследования результатов многопараметрического описания пользователей социальных интернет-сервисов // Научная визуализация, 2018. Т. 10. № 4. С. 82–99.

Талески А. Модели дейктического и коммуникативного поведения говорящего в виртуальной реальности: монография. М.: Изд-во ФЛИНТА, 2024. 220 с.

Хайм М. Метафизика виртуальной реальности // Возможные миры и виртуальные реальности. М., 1995. 243 с.

Холодная М.А. Психология интеллекта. Парadoxы исследования. 2-е изд. СПб.: Питер, 2002. 272 с.

Хомский Н. Язык и мышление. М.: Изд-во Московского ун-та, 1972. 121 с.

Яковлев Б.С., Пустов С.И. История, особенности и перспективы технологии дополненной реальности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 3. С. 479–484.

Azuma R. A Survey of Augmented Reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 6, 1997. Pp. 355–385.

Belousov K., Erofeeva E., Leshchenko Y. «Semograph» Information System as a Framework for Network-Based Science and Education // Smart Innovation, Systems and Technologies. Smart Education and e-Learning, 2017. Pp. 263–272.

- Bryant D.J.* A spatial representation system in humans // *Psycholoquy*. 1992. 3(16): 1.
- Bryson S.* Virtual reality: A definition history – A personal essay. arXiv 2013, arXiv:1312.4322. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1312.4322> (дата обращения: 22.10.2025).
- Castronovo F., Nikolic D., Liu Y., Messner J.* An Evaluation Of Immersive Virtual Reality Systems For Design Reviews // International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, London, UK, 2013. Pp. 22–29.
- Caudell T.P., Mizell D.W.* Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes // System Sciences, 1992. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 2. IEEE. Pp. 659–669.
- Chumakov R.V., Ryabinin K.V., Belousov K.I., Duan J.* Creative Map Studio: A Platform for Visual Analytics of Mental Maps // Научная визуализация, 2021. 13.2. Pp. 79–93.
- Corey S.* Powell Interview with Jaron Lanier / A cyberspace Renaissance man reveals his current thoughts on the World Wide Web, virtual reality, and other silicon dreams // *Scientific American*. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scientificamerican.com/article/interview-with-jaron-lani/> (дата обращения: 15.09.2025).
- Heyselaar E., Hagoort P., Segaert K.* In dialogue with an avatar, language behavior is identical to dialogue with a human partner // *Behavior Research Methods*, 49 (1). 2015. Pp. 1–15.
- Fauconnier G.* Mental spaces. N.Y.: Cambridge University Press, 1994. 240 p.
- Fauconnier G.* Generalized integration networks // *New Directions in Cognitive Linguistics*. Amsterdam, 2009. Pp. 147–160.
- Lanier G.* Interview // Computer graphics world, 1992. 15 (4). Pp. 47–54.
- Lansdale M.W.* Modeling memory for absolute location // *Psychological review*, 1998. Vol. 105(2). Pp. 351–378.
- Lansdale M.W., Humphries J.E., Flynn V.* Cognitive operations on space and their impact on the precision of location memory // *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 2013. Vol. 39 (5). Pp. 1501–1519.
- Levinson S.C.* Frames of reference and Molyneux's question: Crosslinguistic evidence // *Language and Space*. Cambridge, 1996. Pp. 109–169.
- Levinson S.C.* Space in language and cognition. Cambridge University Press, 2003. 389 p.
- Mandler J.M., Pagán Cánovas C.* On defining image schemas // *Language and Cognition*, 2014. Vol. 6. Pp. 510–532.
- Peeters D.* Virtual reality: A game-changing method for the language sciences // *Psychonomic Bulletin & Review*, 26 (3), 2019. Pp. 894–900.
- Pitt D.* Mental Representation // *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2022 Edition). [Электронный ресурс]. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2022/entries/mental-representation/> (дата обращения: 12.09.2025).
- Stea D.* Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior. Abingdon, UK: Routledge, 2017. 439 p.
- Stevenson R.J.* Mental Models, Propositions, and the Comprehension of Pronouns // *Mental Models in Cognitive Science*. Psychology Press, 1996. Pp. 53–74.
- Sun R.* The Cambridge Handbook of Computational Psychology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2008. 768 p.
- Zinchenko Yu.P., Kovalev A.I., Menshikova G.Ya.* Postnonclassical methodology and application of virtual reality technologies in social research // *Psychology in Russia: State of the Art*, 8(4). 2015. Pp. 60–71.

DYNAMIC ASPECTS OF MULTIMODAL REPRESENTATION OF VIRTUAL SPACE

Aleksandar Taleski

Associate Professor, Theoretical and Applied Linguistics Department
Perm State University

Alyona Y. Burlaka

Master's Student,
National Research University Higher School of Economics

The study is devoted to the analysis of dynamic aspects of the multimodal representation of virtual space, based on the integration of verbal and visual data to identify cognitive models of spatial representation. The research is grounded in a comprehensive experiment involving 20 participants, which included the recording of oral narrations of virtual space and the construction of its visual mental maps. The collected data were modeled using multimodal visual analytics tools (Semograph, Creative Maps Studio, SciVi, Python), which ensured their formalization and comparability. The analysis of the modeled data made it possible to identify textual and illustrative models of virtual space representation, for which similar structural patterns were revealed. Textual models reflect the semantic-functional structure of space, whereas visual models convey its quantitative-spatial parameters. Dynamic models revealed the core and periphery of cognitive connections and demonstrated differentiating features characteristic of multimodal information reproduction.

Keywords: virtual reality; VR space; multimodal representation; cognitive models; dynamic sequences; mental maps.