

## Систематический обзор зарубежных исследований сетевой структуры семантической памяти

Бармин А.В.<sup>1</sup>, Блинникова И.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный лингвистический университет, Москва, Россия

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

В исследованиях семантической памяти (СП) активно применяется сетевой подход, заключающийся в представлении структуры СП в виде сети — множества узлов, объединенных ребрами, — и анализе ее сетевых параметров. Несмотря на высокую популярность данного подхода, систематическое знание о правилах и результатах его применения в настоящее время отсутствует. Цель работы заключается в анализе и систематизации зарубежных англоязычных исследований сетевой структуры семантической памяти за последние 10 лет. Поиск публикаций был произведен в поисковых системах Science Direct, PsyNet и Google Scholar. В результате поиска литературы была найдена 391 публикация. После применения критериев отбора в конечный качественный анализ было включено 37 публикаций. Отбор и анализ найденных публикаций осуществлялся при опоре на методологию PRISMA. Для количественного и качественного анализа применялись методы классификации и систематизации. Включенные в обзор исследования были систематизированы по следующим основаниям: 1) методики построения сетей СП; 2) структурные параметры сетей СП; 3) факторы, связанные с изменениями в сетях СП. В результате выполненного анализа были определены методические особенности существующих техник построения сетей СП, классифицированы структурные параметры сетей СП, представлены факторы, связанные с изменениями в структуре сетей СП, описан характер этих изменений. Систематическое знание о методиках построения сетей СП, их структурных параметрах и факторах, связанных с изменениями этих характеристик, необходимо при организации эмпирических исследований СП. Полученные в настоящем обзоре результаты раскрывают природу сетевого подхода к моделированию структуры СП и могут служить методологическим ориентиром для последующих исследований в данной области.

**Ключевые слова:** семантическая память, семантическая сеть, наука о сетях, теория графов, семантическая кластеризация

## Введение

Понятие «семантическая память» впервые появилось в диссертации М. Куиллиана (M. Quillian) в 1966 г., но новое звучание приобрело в работе Э. Тулвинга [Tulving, 1972]. Именно в его модели были выделены сущностные характеристики, отличающие семантическую память от эпизодической<sup>1</sup>, такие как природа хранящейся информации, референтные отношения, форма хранения, способы извлечения. Сегодня семантическая память (СП) определяется как часть долговременной декларативной памяти, которая сохраняет информацию обобщенного типа, независимую от конкретных ситуаций, времени и места ее приобретения. Она составляет основу любой языковой системы и общих знаний. В психолингвистике СП часто понимается как «концептуальный» отдел ментального лексикона, который отражает семантические связи слов с другими словами и окружающим миром [Bock, Levelt, 1994].

В «посттулвинговскую эпоху» исследования СП получили значительное развитие. Устойчивый интерес к ним возник в разных научных областях, что, с одной стороны, привело к экспоненциальному накоплению эмпирических данных, а с другой — породило серьезные междисциплинарные дискуссии [Reilly et al., 2024]. Наиболее существенные трансформации представлений Э. Тулвинга касаются введения понятия семантического контроля и изменения взглядов на природу содержания СП. Семантический контроль рассматривается как часть исполнительных функций, которые регулируют процессы активации и обеспечивают релевантное ситуациям использование семантических знаний. Семантический контроль неразрывно связан с СП, дополняя функции сохранения информации. Когда Э. Тулвинг давал определение СП, то он говорил, прежде всего, о хранилище слов, их значений и референтов. Сегодня многие утверждают, что семантикой обладают не только вербальные стимулы, но и действия, образы, события, которые, следовательно, могут стать компонентами СП [Reilly et al., 2024]. При этом остается открытым вопрос, существуют ли эти компоненты сами по себе, или они включены в связанные со словом понятийные структуры<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Следует отметить, что в настоящее время появляется все больше исследований, результаты которых свидетельствуют в пользу наличия связей между этими двумя хранилищами информации [De Brigard, Umanath, Irish, 2022].

<sup>2</sup> Сегодня, пожалуй, все сходится на идее, что именно понятийные структуры являются единицами семантической памяти [Reilly et al., 2024; Yee, Jones, McRae,

Со времен работ Э. Тулвинга произошли интересные трансформации в представлениях о категоризации знаний в СП. К традиционным семантическим категориям, отражающим концептуальные отношения между объектами, в современных теориях добавляются и базовые основания, позволяющие быстро классифицировать поступающую информацию, такие как «живое» – «неживое». В качестве основы категоризации второго типа рассматривают либо сенсорные данные, либо функциональные основания, определяемые той ролью, которую те или иные объекты или явления играют в жизни человека [Mahon, Caramazza, 2009; Yee, Jones, McRae, 2025].

Наибольшее развитие за последние годы получило моделирование организации информации в СП. Здесь мы можем выделить три итерации обновления. Первые модели СП представили ее в виде иерархической сети, в основании которой лежали временные параметры ответов испытуемых при верификации истинных и ложных утверждений [Collins, Quillian, 1969], они получили развитие в виде теорий распространения активации [Collins, Loftus, 1975]. В дальнейшем в поисках лучшего описания получаемых данных появились модели набора признаков или атрибутов, а также разнообразные пространственно-организованные модели [Jones, Willits, Dennis, 2015]. В моделях, основанных на признаках, организация СП рассматривается как набор определяющих и характерных признаков разных понятий [Smith, Shoben, Rips, 1974]. Модели семантических пространств опираются на ранние работы Ч. Осгуда [Osgood, 1971], который считал, что сущность семантических репрезентаций определяется их координатами, задаваемыми семантическими шкалами (для обзора см. [Блинникова, Сафуанова, 2003]).

На новом витке развития исследований СП в центре внимания вновь оказались сетевые модели, в которых структура СП представляется в виде семантической сети — множества узлов (обычно представляющих слова), объединенных ребрами (обычно представляющих семантические отношения между словами). В качестве альтернативы сетевым моделям были предложены несколько но-

2025]. В недавней работе Э. Йии, М. Джонса и К. МакРея (Yee, Jones, McRae, 2025) рассматривались такие варианты репрезентирования понятий, как определения или описания, прототипы (как их описывает Э. Рош) и примеры (как они представлены в теории Э. Смита и Д. Медина [Smith, Medin, 1981]). Однако стоит подчеркнуть, что форм репрезентаций знаний семантической памяти в разных теориях представлено гораздо больше [Блинникова, Сафуанова, 2003].

вых подходов: дистрибутивные модели, сенсомоторные модели и модели композиционной семантики. В дистрибутивных моделях организация СП представляется в виде семантического векторного пространства, построенного на основе текстовых корпусов (например, классической дистрибутивной моделью СП считается Latent Semantic Analysis (LSA) [Landauer, Dumais, 1997]). Сенсомоторные модели учитывают роль сенсорной информации и двигательной активности в формировании семантических структур. В моделях композиционной семантики принимаются во внимание не только семантические связи, но и те роли (в частности, социальные роли), которые могут играть различные элементы СП при понимании и продуцировании речевых высказываний (для обзора см. [Jones, Willits, Dennis, 2015; Kumar, 2021]).

Сегодня круг разрабатываемых моделей в очередной раз замкнулся, начался новый этап исследования СП с помощью вычислительных инструментов сетевой науки — междисциплинарной области, изучающей структуру и динамику сложных сетей в различных системах [Kenett et al., 2025; Kumar, 2021; Валуева и др., 2024; Морозова, 2017; Siew et al., 2019]. Интерес исследователей к сетевому подходу может быть обусловлен его большей эффективностью в сравнении с другими моделями СП. Действительно, было установлено, что сетевые модели СП лучше справляются с интерпретацией результатов решения задач, используемых в исследованиях СП, чем дистрибутивные модели [De Deyne et al., 2016], и превосходят модели, основанные на признаках [Kumar, Steyvers, Balota, 2021]. Сетевой подход позволяет увидеть, как процессы извлечения информации из СП связаны с параметрами ее структуры. В современной когнитивной психологии складывается мнение, что структурные характеристики сети СП определяют значения слов, являются основой для их идентификации и позволяют подбирать слова при продуцировании речи [Goldstone et al., 2025]. Значимой вехой в развитии « сетевого направления » исследований структуры СП стала работа М. Стейверса и Дж. Тененбаума [Steyvers, Tenenbaum, 2005], в которой авторы сконструировали три крупномасштабные сети СП, основанные на разных типах семантических данных, и использовали инструменты сетевой науки для исследования их параметров.

Полученные результаты вдохновили представителей когнитивной психологии на активную исследовательскую работу: было установлено множе-

ство значимых закономерностей, появились новые техники построения сетей, расширился диапазон используемых метрик для описания структурных параметров, выделились факторы, связанные с изменениями в структуре СП.

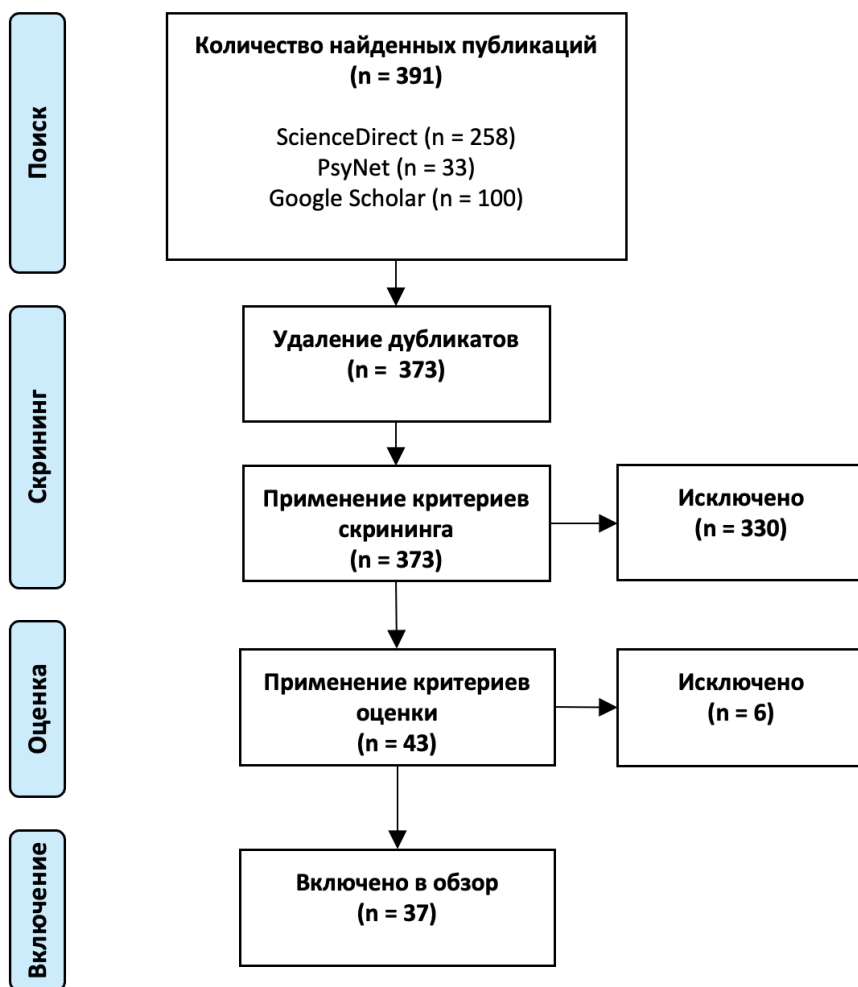
Однако, несмотря на экспоненциальное накопление знаний, их систематический анализ в литературе отсутствует. Настоящая работа призвана восполнить данный пробел и представить систематическое описание области исследований структуры сетей СП. В качестве оснований для систематизации были выбраны: 1) методики построения сетей СП; 2) структурные параметры сетей СП; 3) факторы, связанные с изменениями в структуре сетей СП. Выбор представленных выше оснований обусловлен их высоким внутренним разнообразием и низкой степенью упорядоченности в исследованиях структуры сетей СП.

## Методы

Обзор осуществлялся при опоре на методологию PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). В настоящем обзоре были реализованы следующие этапы: поиск, скрининг, оценка, включение.

Поиск публикаций был произведен в системах Science Direct, PsyNet и Google Scholar. Поиск в Science Direct и PsyNet осуществлялся по следующим ключевым словосочетаниям: «semantic memory structure», «semantic network» (структура семантической памяти, семантическая сеть). Использовался расширенный поиск («advanced search»). Поиск в Google Scholar осуществлялся по следующему поисковому запросу: «(“structure of semantic memory” OR “semantic memory structure”) AND (“semantic network” OR “semantic networks” OR “network” OR “net-works” OR “network structure”))» с сортировкой по релевантности.

Отбор источников производился до 26.09.2025. В результате было найдено 258 публикаций в Science Direct, 33 публикации в PsyNet и 2090 публикаций в Google Scholar. Из 2090 найденных публикаций в Google Scholar были отобраны только первые 100 публикаций (отбор первых 100 публикаций из пула найденных публикаций в Google Scholar является широко используемой стратегией в систематических обзорах [de Fleurian, Pearce, 2021; Brañez-Condorena et al., 2021]). В результате, количество найденных публикаций составило 391. После удаления дубликатов количество найденных публикаций сократилось до 373.



**Рис. 1.** Схема отбора публикаций для обзора

Скрининг осуществлялся на основе метаданных найденных публикаций по следующим критериям: 1) полный текст публикации находится в открытом доступе<sup>1</sup>; 2) год публикации — с 2015 года по 2025; 3) публикация представляет собой полнотекстовое эмпирическое исследование<sup>2</sup>; 4) публикация относится к следующим областям исследований: когнитивная психология, нейропсихология, психолингвистика. В результате скрининга было отобрано 43 публикации.

<sup>1</sup> Политика открытого доступа к научным публикациям является сегодня широко используемой. Большинство авторов стремятся размещать свои работы на открытых ресурсах для повышения их востребованности. Практика использования данных ресурсов для систематических обзоров расширяется (см., например, [Castillo-Viera et al., 2022; Useche-Guerrero et al., 2024]). В нашем случае открытый доступ являлся единственной легальной возможностью получить для ознакомления полнотекстовые версии статей.

<sup>2</sup> Обзорные и теоретические статьи по рассматриваемой теме не включались в настоящий обзор в связи с риском потенциального дублирования данных.

Оценка статей, отобранных в результате скрининга, проводилась путем анализа их полных текстов. Были установлены следующие оценочные параметры: 1) в работе изучаются исключительно сети СП; 2) рассматриваются сети, состоящие из узлов — слов и ребер — ассоциативно-семантических отношений между узлами, выявленными в ходе психологических экспериментов с реальными испытуемыми (без компьютерных симуляций). В результате оценки в исследовании было отобрано 37 публикаций, которые вошли в обзор. Схема отбора публикаций для обзора представлена на рис. 1.

Отобранные исследования анализировались далее по следующим основаниям: 1) методики построения сетей СП, под которыми в настоящей работе подразумевались техники сбора ассоциативных данных и их конвертации в «сетевой» формат; 2) структурные параметры сетей СП, к которым относились метрики теории графов, устанавливаемые в результате сетевого анализа, то есть формальные показатели сетей,

вычисленные по специальным формулам; 3) факторы, связанные с изменениями в структуре сетей СП.

## Результаты

### *Методики построения сетей СП*

В результате систематизации отобранных материалов исследований сетей СП, были выделены следующие методики сбора данных для построения сетей СП: 1) задача вербальной беглости; 2) задача семантической связанности; 3) задача свободных ассоциаций; 4) задача снежного кома. Результаты обзора исследований сетей СП по основанию «методики построения сетей СП» представлены в табл. 1.

В задаче вербальной беглости («verbal fluency task»; «semantic fluency task»; ЗВБ) испытуемым предлагается перечислить (устно или письменно) как можно больше элементов заданной категории (напр., животные, фрукты, мебель и так далее) за фиксированный промежуток времени (обычно 60 сек). Построение сетей СП в данном случае происходит следующим образом: каждое названное слово представляется узлом, который связывается ребрами только с предыдущим и последующим словами в порядке называния. Например, в последовательности ответов «кошка, собака, корова, лошадь» в категории «животные» узел «кошка» в сети будет связан с узлом «собака», «собака» — с «кошкой» и «коровой», «корова» — с «собакой» и «лошадью», «лошадь» — с «коровой». Так, в результате ЗВБ строятся линейные «графы-цепи» («chain graph»), имеющие вид «A – B – C – D». Для получения обобщенных данных по выборке испытуемых и дальнейших межгрупповых сравнений индивидуальные сети могут объединяться в крупномасштабные агрегированные сети с использованием специальных алгоритмов (см. табл. 1 в [Zemla et al., 2020]). ЗВБ считается самой популярной задачей в современных исследованиях сетей СП [Christensen et al., 2018; Rastelli et al., 2020; Denervaud et al., 2021; Cosgrove et al., 2021, 2023; Li et al., 2021, 2024; Fernandez-Fontecha, Kenett, 2022; Luchini et al., 2023; Lebkuecher et al., 2024; Campidelli et al., 2025; Nevado et al., 2021; Décaillon et al., 2025; Agustín-Llach; 2023]. Она используется, в частности, для построения доменно-специфических и общих сетей, сконструированных на основе информации из специфических и общих семантических категорий [Siew, Guru, 2023; Luchini et al., 2024; Lai et al., 2024]. В исследова-

ниях сетей СП также могут применяться готовые наборы данных, собранные с помощью ЗВБ [Qiu et al., 2021; Wang et al., 2025].

В задаче семантических суждений («semantic judgment task»; «relatedness judgement task»; «semantic relatedness task»; ЗСЗ) испытуемые должны оценивать семантическую связанность заранее отобранных пар слов. Пары слов обычно создаются путем соединения каждого слова с каждым другим словом в используемом наборе. Так, например, если набор содержит 28 слов, то испытуемые должны будут оценить 378 пар (используется формула  $n * (n - 1) / 2$ ). Оценка связанности элементов в парах реализуется, например, путем нажатия кнопок «есть связь» или «нет связи» на клавиатуре [Kenett et al., 2017] или путем перемещения «ползунка» по шкале с полюсами «совершенно не связаны» и «сильно связаны» [Benedek et al., 2017]. Подбор стимулов может осуществляться из специальных баз данных [Kenett et al., 2017; Robinson et al., 2024] или из семантических наборов [Benedek et al., 2017]. На основании полученных оценок формируется матрица близости, где столбцы и строки задаются узлами (словами), а их пересечения представляют ребра (семантические связи между словами, устанавливаемые испытуемыми). Следует отметить, что если в ЗСЗ предполагаются только бинарные решения («есть связь» / «нет связи») [Kenett et al., 2017], то в результате будет построен невзвешенный граф, ребра в котором будут иметь равный вес (обычно равные 1). Если в ЗСЗ возможны небинарные решения (от «совершенно не связаны» до «сильно связаны» по шкале Лайкерта [Benedek et al., 2017] или от «сила связи равна 0» до «сила связи равна 100» [Robinson et al., 2024]), то в результате будет сконструирован взвешенный граф, ребра в котором будут варьироваться по весам. ЗСЗ является второй по популярности задачей в исследованиях структуры СП [He et al., 2020; Bieth et al., 2021; Marko, Riečanský, 2021; Ovando-Tellez et al., 2022a; Ovando-Tellez et al., 2022b; Cosgrove et al., 2023; Skurnik, Ackerman, Kenett, 2025] и позволяет собирать данные о семантических дистанциях между элементами в СП [Kenett et al., 2017].

В задаче свободных ассоциаций («free association task»; ЗСА) испытуемые получают инструкцию придумывать ассоциации к заранее отобранным стимульным словам. Их просят генерировать либо фиксированное количество ассоциаций [Dubossarsky et al., 2017; Wulff et al., 2022a], либо максимально возможное количество ассоциаций за ограниченный промежуток времени

**Таблица 1***Методики построения сетей семантической памяти*

	Задача вербальной беглости	Задача семантических суждений	Задача свободных ассоциаций	Задача снежного кома
Процедура сбора поведенческих данных	Перечисление представителей определенных категорий	Оценивание семантической связанности пар слов	Придумывание ассоциаций к словам	Придумывание ассоциаций к словам, а затем к собственным ассоциатам
Построение сетей	Слова представляются узлами, которые связываются ребрами с предыдущими и последующими словами	Формируется матрица смежности, столбцы и строки которой представляются узлами (словами), а их пересечения — ребрами (ассоциациями)	Слова представляются узлами, а ассоциативные связи между ними представляются ребрами	Слова представляются узлами, а ассоциативные связи между ними представляются ребрами
Преимущества	Легкость и скорость реализации	Широкий охват данных	Легкость и скорость реализации	Широкий охват данных
Недостатки	Ответы ограничены категорией, узкий охват данных	Ответы ограничены парами слов	Узкий охват данных	Трудоемкость реализации
Доля встречаемости в отобранных статьях (%)	53,57	25	17,86	3,57

(обычно 60 сек.) [Kenett, Thompson-Schill, 2020; Kenett et al., 2021]. Подбор ключевых слов для ЗСА может осуществляться из специальных баз данных [Dubossarsky et al., 2017]. В дальнейшем полученные результаты обрабатываются следующим образом: слова представляются узлами, а ассоциативные связи между ними — ребрами (в результате чего выстраиваются «графы-звезды» («star graph»)). Сети СП могут быть также сконструированы на основе баз данных свободных ассоциаций, содержащих информацию об ассоциативных связях между словами и о силе этих связей [Gruenenfelder, 2016; De Deyne, 2016]. Для межгрупповых сравнений сначала по существующим алгоритмам создаются групповые сети [Kenett et al., 2018], которые затем сравниваются между собой по структурным параметрам.

В задаче снежного кома («snowball sampling paradigm», ЗСК) испытуемых просят придумывать ассоциации сначала к заранее отобранным стимульным словам (1-я итерация), затем к первому набору придуманных самостоятельно ассоциаций (2-я итерация), а затем к ассоциациям второй итерации (3-я итерация) и так далее. Число итераций может быть бесконечным, но должно получить обоснование [Morais et al., 2013]. По-

строение сетей СП по результатам ЗСК происходит так же, как и в предыдущих случаях: слова кодируются как узлы, а ассоциативные связи между ними — как ребра. С каждой новой итерацией в сеть добавляются новые узлы и ребра, в результате чего сеть растет по принципу «снежного кома». Для межгрупповых сравнений происходит усреднение сетевых параметров индивидуальных сетей (вместо агрегирования как в других задачах), после чего происходит их дальнейший анализ и межгрупповые сравнения. ЗСК крайне редко используется в исследованиях сетей СП из-за высокой степени трудоемкости реализации. В качестве примера использования данной задачи можно привести исследование А.В. Бармина и Б.Б. Величковского [Barmin, Velichkovsky, 2024], в котором изучаются сети СП, сконструированные на материале английского языка, для определения их структурных различий у испытуемых, осваивающих иностранный язык на разных этапах обучения в лингвистическом университете.

*Структурные параметры сетей СП*

Структура сетей может описываться различными сетевыми параметрами. В результате систематизации материалов исследований, были обозначены следующие структурные сетевые параметры:

средний коэффициент кластеризации  $\langle C \rangle$ , средний кратчайший путь между узлами  $L$  и его обратная величина  $E$ , модульность  $Q$ , средняя степень узлов  $\langle k \rangle$ , степень соответствия структуры сети структуре «малого мира»  $S$ . Результаты обзора исследований сетей СП по основанию «структурные параметры СП» представлены в табл. 2.

Средний коэффициент кластеризации сети  $\langle C \rangle$  отражает вероятность того, что узлы-соседи каждого узла в сети сами будут соседями. Практически, это выражается в возможности сети образовывать «треугольные» кластеры, обеспечивающие задержку активации в цикле из трех узлов и ребер. Такая конструкция позволяет успешно извлекать не только отдельные элементы СП, но и «репрезентацию», закодированную тремя узлами и ребрами при активации какого-то одного элемента. Исследования показывают, что уровень кластеризации может влиять на речеобразование. Так, с одной стороны, К. Чан и М. Витевич показали, что слова с высоким уровнем кластеризации воспроизводятся хуже (в плане скорости и точности), чем слова с низким уровнем кластеризации [Chan, Vitevitch, 2010]. С другой стороны, в исследовании Р. Гольдштейна и М. Витевича было показано, что слова с высоким уровнем кластеризации усваиваются лучше, чем слова с низким уровнем кластеризации [Goldstein, Vitevitch, 2014].

Кратчайший путь между узлами в сети, то есть среднее наименьшее количество ребер на пути от одного узла к другому (показатель  $L$ ), связывается с дистанцией между элементами в СП, от которой зависит скорость их извлечения в различных задачах. В исследованиях установлено, что параметр кратчайшего пути может быть связан с восприятием слов на слух. Так, М. Витевич и коллеги показали, что «путь» от слова-стимула до слова-ответа в задаче фонологического сходства обычно составляет 1 ребро [Vitevitch et al., 2016]. Также этот индикатор определяет выполнение задачи семантической связанности: определение семантической связанности пар слов, дистанция между которыми составляет более 4 ребер, сопровождается увеличением времени реакции и снижением процента оценки слов как «связанных» [Kenett et al., 2017]. Параметр  $E$  означает обратную величину среднего кратчайшего пути и, так же как и  $L$ , связывается со скоростью извлечения информации из СП [Latora, Marchiori, 2001].

Параметр  $Q$  отражает модульность сети, то есть долю ребер, попадающих в подгруппы узлов, за вычетом ожидаемой доли (которая предполагает случайное распределение ребер). Другими слова-

ми,  $Q$  означает степень разбиения сети на отдельные сетевые модули. Исследователи предполагают, что модульность может быть связана с теорией С. Медника о плоских («flat») — с небольшим количеством уровней — и крутых («steep») — многоуровневых — ассоциативных иерархиях: так, высокая степень модульности сети связывается с крутой, а низкая степень модульности с плоской ассоциативной иерархией [Kenett, Anaki, Faust, 2014].

Параметр  $\langle k \rangle$  означает среднюю степень узлов в сети, то есть среднее количество ребер, примыкающих к каждому узлу. Показатель  $\langle k \rangle$  указывает на возможность сети обеспечивать варианты для движения активации. Исследования показывают, что индекс степени узла может влиять на процессы порождения речи. Так, М. Витевич продемонстрировал, что слова с высоким показателем  $\langle k \rangle$  воспроизводятся быстрее и точнее, чем слова с низким показателем  $\langle k \rangle$  [Vitevitch, 2002]. Кроме этого, как установили М. Стейверс и Дж. Тененбаум, слова с высокой степенью узлов («хабы») играют важную роль в усвоении новых лексем, поскольку именно к ним с большей вероятностью будут присоединяться новые элементы в процессе усвоения языка [Steyvers, Tenenbaum, 2005].

В известной работе М. Стейверс и Дж. Тененбаум показали, что структура сетей СП соответствует структуре «малого мира» («small-world network»), характеризующейся высоким уровнем кластеризации и низким средним кратчайшим путем в сравнении со случайно сгенерированными семантическими сетями [Steyvers, Tenenbaum, 2005]. Такой вид присущ всем естественно и искусственно организованным сетям: социальным, белковым, нейронным, компьютерным и т. д. [Watts, Strogatz, 1998]. Они, с одной стороны, позволяют хорошо «упаковывать» информацию, а с другой — обеспечивают лучший доступ к ее извлечению. Для определения степени соответствия сети модели «малого мира» был введен параметр  $S$ , который интегрирует показатели  $\langle C \rangle$  и  $L$ . В сравнении со случайно сгенерированными сетями, сети «малого мира» характеризуются высоким  $\langle C \rangle$  и низким  $L$  [Watts, Strogatz, 1998]. В исследованиях демонстрируется, что  $S$  отвечает за «эффективную» семантическую обработку путем поддержания баланса между ригидными и хаотичными семантическими структурами [Faust, Kenett 2014] и влияет на различные когнитивные эффекты, такие как инсайт [Schilling, 2005].

**Таблица 2***Структурные параметры сетей семантической памяти*

Параметр	Определение	Интерпретация	Частота встречаемости в отобранных статьях (%)
<C>	Вероятность наличия связи между узлами-соседями каждого узла в сети	Отражает возможность сети образовывать «треугольные кластеры», состоящие из трех узлов и трех ребер. Показатель обычно интерпретируется как общая «структурированность» сети	89,19
L	Среднее наименьшее количество ребер между парами узлов в сети	Отражает среднее минимальное расстояние на пути от одного узла к другому в сети. Показатель обычно интерпретируется как общая «эффективность» сети	78,38
Q	Степень разбиения сети на структурные модули	Отражает степень разделения сети на структурные модули, объединяющие определенные узлы. Показатель обычно интерпретируется как общая «гибкость» сети	72,22
<k>	Среднее количество ребер, примыкающих к узлам в сети	Отражает среднее количество узлов-соседей у всех узлов в сети. Показатель обычно интерпретируется как общая «связанность» сети	18,92
S	Степень соответствия структуры сети структуре «малого мира»	Отражает, насколько <C> в сети больше, чем <C> в случайном графе, и насколько L в сети меньше, чем L в случайном графе	16,22
E	Обратная величина L	Так же как и L, интерпретируется как общая «эффективность» сети	16,22

*Факторы, связанные с изменениями в структуре сетей СП*

В результате систематизации изученных материалов современных исследований сетей СП, были выделены факторы, влияющие на структурные сетевые показатели. Следует отметить, что в настоящем разделе рассматривалось влияние факторов только на наиболее популярные показатели: <C>, L и Q. Это связано с тем, что менее популярные параметры, описанные в настоящей работе, используются лишь в небольшом количестве найденных исследований, что является ограничением для их систематизации. Анализ отобранных источников позволил выявить большое количество факторов, влияющих на структуру СП. В качестве обобщенных категорий были выделены общие демографические характеристики, уровень накопленных знаний, интеллектуальные способности, другие индивидуально-личностные характеристики и клиничко-психологические нарушения.

Среди общих факторов нами были выделены «че-

ловеческий фактор» и «возраст». «Человеческий фактор» предполагает сравнение сетей хранения знаний человеком и искусственными интеллектуальными системами. Фактор «знания» был подразделен на факторы второго порядка: «уровень знаний», «длительность обучения» и «тип обучения». Фактор «интеллектуальные способности» делился на два фактора второго порядка «флюидный интеллект» и «кристаллизованный интеллект». Фактор «другие индивидуально-личностные качества» делился на такие факторы второго порядка, как «креативность» и «открытость опыту». Фактор «клиничко-психологические нарушения» был разделен на факторы второго порядка: «рассеянный склероз», «преждевременное рождение», «синдром мягкого когнитивного снижения». Результаты обзора исследований сетей СП по основанию «факторы, связанные со структурой СП» представлены в табл. 3.

Результаты сравнения сетей СП человека с искусственными сетевыми хранилищами, которое было

проведено на готовых наборах данных, собранных с помощью задачи вербальной беглости, показывают, что сети, присущие человеку, характеризуются меньшими показателями кратчайшего пути  $L$  и модульности  $Q$ , но большим показателем кластеризации  $\langle C \rangle$  в сравнении с искусственными сетями больших языковых моделей (Large Language Models) [Wang et al., 2025]. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что хранилища больших языковых моделей еще недостаточно соответствуют характеристикам СП людей: их сети менее гибкие в плане переключения между семантическими кластерами (высокий показатель  $Q$ ), менее структурированы (меньший показатель  $\langle C \rangle$ ) и обладают худшей способностью быстрого извлечения элементов (более высокий  $L$ ).

В ряде работ изучалась связь возрастных особенностей со структурой сетей СП. Установлено, что сети молодых людей (минимальный возраст — 17 лет) характеризуются меньшими показателями кратчайшего пути  $L$  [Dubossarsky et al., 2017; Cosgrove et al., 2021; Wulff et al., 2022a; Cosgrove et al., 2023] и модульности  $Q$  [Cosgrove et al., 2021; Cosgrove et al., 2023], но большим показателем кластеризации  $\langle C \rangle$  [Dubossarsky et al., 2017; Cosgrove et al., 2021; Wulff et al., 2022a; Cosgrove et al., 2023] в сравнении с сетями СП пожилых людей (максимальный возраст — 99 лет). Следует отметить, что в одной из работ сравнение групп по показателю  $\langle C \rangle$  продемонстрировало смешанные результаты [Wulff et al., 2022b]. Установленные факты означают, что сети молодых людей являются более гибкими (меньший  $Q$ ) и одновременно более структурированными (большой  $\langle C \rangle$ ), характеризуются лучшей способностью быстрого извлечения информации из СП (меньший  $L$ ). В целом, результаты согласуются с представлением об изменениях когнитивных функций у людей в процессе старения [Murman, 2015].

Анализ связи уровня знаний со структурой сетей СП выявил, что сети испытуемых с более высоким уровнем знаний (определенным по уровню образования: студенты университета vs старшеклассники), построенные с помощью задачи вербальной беглости, характеризуются меньшими показателями кратчайшего пути и модульности в сравнении с сетями испытуемых с более низким уровнем знаний. Однако сравнение структуры сетей СП по показателю  $\langle C \rangle$  дало смешанные результаты [Siew, Guru, 2022]. В другом исследовании, где уровень знаний определялся по результатам прохождения тестов знаний, было показано, что сети СП у испытуемых с высоким уровнем

знаний характеризуются меньшим показателем  $\langle L \rangle$  и большим показателем  $\langle C \rangle$  в сравнении с сетями испытуемых с низким уровнем знаний. Однако в этом случае противоречивые результаты касались показателя модульности  $Q$  [Luchini et al., 2024]. Полученные результаты позволяют сделать однозначный вывод о том, что высокий уровень знаний связан с высокой скоростью извлечения элементов из СП (благодаря снижению средней величины кратчайшего пути).

Исследование связи длительности обучения со структурой сетей СП, проведенное с помощью задачи «снежного кома», показало, что сети студентов, изучающих иностранный язык в университете на протяжении четырех лет, характеризуются меньшими показателями  $L$  и  $Q$  в сравнении с сетями СП у студентов, изучающих иностранный язык на первом курсе, но не различаются по степени кластеризации  $\langle C \rangle$  [Barmin, Velichkovsky, 2024]. Это свидетельствует о том, что длительный процесс обучения улучшает характеристики семантической сети в пользу ее гибкости (меньший  $Q$ ) и скорости извлечения информации (меньший  $L$ ). Тем не менее, в другой работе были получены противоположные результаты относительно показателя  $L$ , что требует дополнительных исследований и более тщательной интерпретации [Agustín-Llach, 2023].

Исследования связи кристаллизованного интеллекта со структурой сетей СП, построенных на основе задачи вербальной беглости, показали, что сети испытуемых с высоким уровнем кристаллизованного интеллекта (определяемого по результатам прохождения тестов на знание словаря) характеризуются большими показателями кластеризации  $\langle C \rangle$ , гибкости (более низкий показатель  $Q$ ) и лучшей способностью быстрого извлечения информации из СП (более низкий показатель  $L$ ) в сравнении с сетями испытуемых с низким уровнем кристаллизованного интеллекта [Li et al., 2024]. На удивление, полученные результаты аналогичны результатам исследования связи флюидного интеллекта с сетевой структурой СП. Следовательно, и флюидный интеллект, и кристаллизованный интеллект могут быть связаны со сходными параметрами сетевой структуры СП.

Сходный паттерн результатов получается при исследовании соотношения креативности со структурой сетей СП. Феномен креативности в указанных исследованиях рассматривался как способность к дивергентному мышлению [Benedek et al., 2017; Rastelli et al., 2020; Li et al., 2021; Fernandez-Fontecha, Kenett, 2022; Campidelli

et al., 2025] и как способность создавать оригинальные метафоры [He et al., 2020]. Полученные результаты означают, что сети более креативных людей характеризуются большей кластеризацией (большой <C>), а также обла-дают лучшей способностью переключаться между категориальными кластерами (меньший Q) и быстро извлекать информацию (меньший L) [Benedek et al., 2017; He et al., 2020; Li et al., 2021; Fernandez-Fontecha, Kenett, 2022; Lai et al., 2024; Campidelli et al., 2025]. Действительно, такие особенности сетей СП позволяют испытуемым с высоким уровнем креативности с большей вероятностью находить новые связи между словами и категориями слов, а также генерировать большее количество оригинальных ассоциаций. Результаты согласуются с представлениями о связи креативности с когнитивными функциями [Runco, Chand, 1995].

В исследовании связи открытости опыту со структурой СП [Christensen et al., 2018] группы испытуемых с низкой и высокой степенью открытости опыту — склонностью личности к открытости новым эстетическим, культурным или интеллектуальным переживаниям — выделялись на основе результатов прохождения методики NEO-PI-3 [McCrae et al., 2005] и ее модификации NEO-FFI-3. Результаты показали, что более высокая степень открытости опыту приводит к более низким показателям L и Q, что свидетельствует о большей гибкости (меньший Q), эффективности (меньший L) и структурированности (большой <C>). Построение сетей в данном исследовании осуществлялось с помощью ЗВБ. Полученные результаты хорошо вписываются в систему представлений о связи открытости опыту с когнитивными функциями [Jackson et al., 2012].

Несколько исследований было проведено на детских выборках, при этом внимание было сосредоточено на влиянии интеллектуальных способностей и характера обучения.

Результаты исследования связи типа обучения с сетевой структурой показывают, что сети СП у детей (средний возраст — 10 лет), обучающихся по системе Монтессори, характеризуются меньшими показателями L и Q, но большим <C> в сравнении с сетями детей, обучающихся по традиционной системе [Denervaud et al., 2021]. Сети СП в данном исследовании были построены с использованием задачи вербальной беглости. Известно, что система Монтессори обеспечивает высокую самостоятельность учащихся, создает условия для проявления их творческих навыков и креативности [Lillard, Else-Quest, 2006], что может впоследствии

выражаться в более высокой эффективности их сетей: лучшей способности оперативно извлекать нужную информацию из СП (за счет снижения L), переключаться между категориальными кластерами (за счет снижения Q), создавать большее число кластеров, закливающих распространяющуюся активацию (за счет увеличения <C>).

В другом исследовании изучалась связь подвижного флюидного интеллекта со структурой сетей СП. Было показано, что сети детей (средний возраст — 10 лет) с высоким уровнем подвижного флюидного интеллекта (измеряемого с помощью матриц Равена), построенные на основе данных задачи вербальной беглости, характеризуются большими L и Q в сравнении с сетями СП у детей с низким уровнем подвижного флюидного интеллекта [Rastelli et al., 2020]. Полученные результаты означают, что сети детей с высоким уровнем флюидного интеллекта обладают большей гибкостью в плане переключаемости между категориями (меньший Q) и характеризуются лучшей способностью быстрого извлечения информации из СП (меньший <L>), чем сети детей с низким уровнем флюидного интеллекта. В целом, полученные результаты согласуются с представлениями о связи когнитивных функций с подвижным флюидным интеллектом у детей [Fry, Hale, 2000].

Большой интерес представляет влияние клинико-психологических факторов на структуру СП.

Результаты исследования связи рассеянного склероза со структурой СП показали, что сети пациентов с рассеянным склерозом характеризуются большими показателями L и Q, но меньшим показателем <C> [Lebkuecher et al., 2024]. Результаты означают, что сети испытуемых с рассеянным склерозом характеризуются ригидностью, более медленной скоростью извлечения информации и слабой структурированностью в сравнении с сетями нейротипичных испытуемых. Полученные результаты согласуются с представлениями о состоянии когнитивных функций при рассеянном склерозе [Sumowski et al., 2018].

Результаты исследования связи синдрома мягкого когнитивного снижения со структурой СП показали, что сети участников с синдромом мягкого когнитивного снижения структурно не отличаются от сетей СП здоровых испытуемых [Nevado et al., 2021]. Авторы исследования утверждают, что при мягком когнитивном снижении базовая структура СП обычно находится в меньшей уязвимости, чем исполнительные функции, например, рабочая память.

Также было проведено сравнительное исследование сетевой структуры СП у детей, родившихся до срока, и детей из контрольной группы [Décaillet et al., 2025]. Результаты показали, что сети СП у детей, рожденных до срока (рождение между 25 и 31 неделями беременности), характеризовались большими  $L$  и  $Q$ , но меньшим  $\langle C \rangle$  в сравнении с сетями СП детей из контрольной группы. Полученные результаты согласуются с данными о языковых нарушениях у преждевременно рожденных детей [Guarini et al., 2010].

## Обсуждение

Представление о сетевой структуре СП претерпело существенные изменения с тех пор, как А. Коллинз и М. Куиллиан впервые предложили свою сетевую модель [Collins, Quillian, 1969]. В исследованиях СП стали использоваться хорошо продуманные техники сбора ответов испытуемых и их конвертации в мелкомасштабные и крупномасштабные сети по типу сетей «распространения активации» [Collins, Loftus, 1975]. Появились новые способы построения индивидуальных крупномасштабных сетей вместо агрегированных сетей, созданных на основе баз данных ассоциаций и словарей [Steyvers, Tenenbaum, 2005]. Возможно, наиболее значимым для развития данного направления было появление и развитие автоматических алгоритмов обработки данных и подсчета сетевых параметров на основе ответов испытуемых в разных задачах [Zemla et al., 2020; Christensen, Kenett, 2023].

Полученные в настоящем обзоре результаты хорошо отражают порядок действий, характерный для современных исследований сетей СП: сначала испытуемому предлагается пройти одну из методик сбора данных (см. табл. 1), по результатам которой конструируется сетевая структура СП, затем происходит вычисление значимых характеристик полученных сетей (см. табл. 2), которые впоследствии сравниваются между группами испытуемых, выделенными на основании тех или иных факторов (напр., возраст, уровень креативности и др.; см. табл. 3). В большинстве работ используется количественный анализ данных: выработались специальные параметры структуры сетей (формирующиеся на основе расчета отношений между узлами и ребрами в сети), позволяющие определять особенности распространения активации в сети СП и, следовательно, прогнозировать ответы человека, его продуктивность в решении лингвистических задач. Например, высокий показатель

$Q$  (модульность) в сети СП может выражаться в долгом переходе от одной семантической категории к другой при решении ассоциативных задач. Диапазон используемых структурных метрик СП расширился со времен исследования М. Стейверса и Дж. Тененбаума [Steyvers, Tenenbaum, 2005]. Кроме этого, в последних исследованиях структуры сетей СП появились «общепринятые» стандарты интерпретации структурных параметров сетей СП (см. табл. 2). Здесь следует отметить, что в рассмотренных исследованиях сетевой структуры СП используется преимущественно количественный анализ. Поэтому, возможно, сегодня требуется большее внимание уделить качественному анализу содержания сетей СП. Примером такого анализа может быть изучение содержания семантических сетей испытуемых, изучающих иностранный язык на протяжении разного количества времени, проведенный в работе М. Агустин-Ллах [Agustin-Llach, 2022].

Помимо достижений в области методологии построения сетей СП и их структурного анализа, были достигнуты успехи в области изучения факторов, связанных с изменениями в структуре сетей СП. Так, кроме построения и анализа сети СП, стало возможно связывать особенности ее структуры с индивидуально-личностными качествами. Например, высокий уровень креативности можно связать со способностью семантической сети обеспечивать высокую степень «свободы» для распространения активации (за счет снижения параметра  $Q$ ), что позволяет активировать узлы, которые никогда не были бы активированы вместе в случае ограничений активационного потока, наблюдающихся при низком уровне креативности. В качестве другого примера можно привести нарушения в выполнении ассоциативных задач у пациентов с рассеянным склерозом, чьи сети СП характеризуются низкой структурированностью (низким  $\langle C \rangle$ ), что может приводить к быстрому рассеиванию активации в сети (из-за недостаточного количества сетевых «треугольников», состоящих из трех узлов, соединенных друг с другом тремя ребрами), то есть быстрому угасанию активированного материала в памяти.

В результатах, полученных при систематизации данных по основанию «факторы, связанные с изменениями в структуре сетей СП», была прослежена следующая закономерность: разные группы испытуемых, выделенные на основании различных факторов, различались по структурным параметрам одинаковым образом. Сетевые параметры варьировались согласованно в зависимости от

Таблица 3

Факторы, связанные с изменениями в структуре сетей семантической памяти

Факторы первого порядка	Факторы второго порядка	Описание исследований	Доля встречаемости в отобранных статьях (%)
Человеческий фактор		Сравнивались параметры структуры семантической памяти человека и LLMs [Wang et al., 2025]	3,84
Возраст		Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей разных возрастов [Dubossarsky et al., 2017; Cosgrove et al., 2021; Wulff, Hills, Mata, 2022; Cosgrove et al., 2023; Wulff et al., 2022]	19,23
Знания	Уровень знаний	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей с разным уровнем знаний [Siew, Guru, 2022; Luchini et al., 2024]	11,53
	Длительность обучения	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей, изучающих иностранный язык на протяжении разного количества времени [Barmin, Velichkovsky, 2024; Agustín-Llach, 2023]	7,69
	Тип обучения	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у детей, обучающихся по системе Монтессори, и детей, обучающихся по традиционной системе [Denervaud et al., 2021]	3,84
Интеллект	Флюидный интеллект	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у детей с разным уровнем флюидного интеллекта [Rastelli et al., 2020]	3,84
	Кристаллизованный интеллект	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей с разным уровнем кристаллизованного интеллекта [Li et al., 2024]	3,84
Другие индивидуально-личностные качества	Креативность	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей с разным уровнем креативности [Benedek et al., 2017; He et al., 2020; Li et al., 2021; Fernandez-Fontecha, Kenett, 2022; Lai et al., 2024; Campidelli et al., 2025; He et al., 2020; Rastelli et al., 2020].	30,76
	Открытость опыту	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей с разным уровнем открытости опыту [Christensen et al., 2018]	3,84
Клинико-психологические факторы	Рассеянный склероз	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у пациентов с рассеянным склерозом и испытуемых из контрольной группы [Lebkuecher et al., 2024]	3,84
	Преждевременное рождение	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у детей, родившихся до срока, и детей из контрольной группы [Décaillet et al., 2025]	3,84
	Синдром мягкого когнитивного снижения	Сравнивались параметры структуры семантической памяти у людей с синдромом мягкого когнитивного снижения и испытуемых из контрольной группы [Nevado et al., 2021]	3,84

«эффективности» групп в выполнении ассоциативных задач. Данная согласованность заключалась в увеличении показателя <C> и уменьшении L и Q у «эффективных» групп в сравнении с «неэффективными» группами. К примеру, испытуемые с высоким уровнем креативности продемонстрировали увеличение показателя <C> и уменьшение L и Q относительно испытуемых с низким уровнем креативности. Выделение указанного выше сетевого паттерна порождает вопросы, касающиеся его состава: какие параметры, кроме <C>, L и Q, входят в его состав? Существует ли шкала сдвигов в показателях, которые происходят при развитии сетей и их инволюции? Также возникает вопрос, к каким именно особенностям ассоциативной задачи чувствителен обозначенный выше сетевой паттерн?

## Заключение

В настоящем обзоре на основании систематизации зарубежных исследований сетевой структуры СП были выделены и описаны методики построения сетей СП с подробным анализом их процедур и способов выявления связей, с обсуждением их преимуществ и недостатков, с подсчетом частоты их используемости в экспериментах. Были установлены структурные параметры сетей СП, которые вычисляются и анализируются в современных работах, с уточнением их психологической и лингвистической интерпретации и частотой встречаемости в современном научном исследовательском контексте. Наконец, были выделены факторы, связанные с изменениями структуры сетей СП, а также описан характер этих изменений на уровне сетевых параметров.

Полученные в настоящем обзоре результаты могут служить методологическим ориентиром для последующих эмпирических исследований в данной области. В частности, они могут выступить справочным инструментом для выбора оптимальных методов построения сетей СП и анализируемых структурных параметров сетей СП в соответствии с конкретными исследовательскими задачами. Также результаты настоящего исследования предоставляют концептуальную основу для интерпретации полученных результатов новых эмпирических исследований по теме сетевой структуры СП. В последующих исследованиях сетей СП могут быть рассмотрены вопросы, связанные с проведением качественного анализа содержания сетей СП и с природой выделенного структурного сетевого паттерна, отличающего группы испыту-

емых, которые «эффективно» выполняют ассоциативные задачи, от групп испытуемых, которые выполняют их с худшими результатами.

## Финансирование

Исследование проведено в рамках государственного задания Минобрнауки России «Интегральная оценка когнитивных и эмоциональных ресурсов участников интернет-коммуникаций на родном и иностранном языке». Регистрационный номер НИОКТР 125090210031-6.

## Литература

Блинникова И.В., Сафуанова О.В. Психосемантика и процессы семантической обработки // Психология XXI века: учеб. для вузов / под ред. В.Н. Дружинина. — М.: ПЕР СЭ, 2003. — С. 268–291.

Валуева Е.А., Лаптева Н.М., Поспелов Н.А., Ушаков Д.В. Феномен инкубации и активация семантической сети. Культурно-историческая психология, 2024, 20(4), 40–51. <https://doi.org/10.17759/chp.2024200405>

Морозова О. Структурное сетевое моделирование в когнитивной науке. Психологические исследования, 2017, 10(5). <https://doi.org/10.54359/ps.v10i55.351>

Agustín-Llach M.P. Foreign language semantic categorization: Evidence from the semantic network and word connections. Journal of Research in Applied Linguistics, 2023, 14(1), 205–222. <https://doi.org/10.22055/rals.2023.18077>

Agustín-Llach M. How age and L2 proficiency affect the L2 lexicon. System, 2022, 104, e102697. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102697>

Barmin A., Velichkovsky B.B. Dynamics of second-language learners' semantic memory networks: Evidence from a snowball sampling paradigm. Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale, 2024, 79(1), 98–108. <https://doi.org/10.1037/cep0000350>

Benedek M., Kenett Y.N., Umdasch K., Anaki D., Faust M., Neubauer A.C. How semantic memory structure and intelligence contribute to creative thought: A network science approach. Thinking & Reasoning, 2017, 23(2), 158–183. <https://doi.org/10.1080/13546783.2016.1278034>

Bieth T., Kenett Y.N., Ovando-Tellez M., Lopez-Persem A., Lacaux C., Scuccimarra M., Maye I., Sénéchal J., Oudiette D., Volle E. Changes in semantic memory structure support successful problem-solving and analogical transfer. Communications Psychology, 2024, No. 2(1), 54. <https://doi.org/10.1038/s44271-024-00100-w>

Bock K., Levelt W.J.M. Language production: Grammatical encoding / In M.A. Gernsbacher (Ed.), Handbook of Psycholinguistics. — San Diego, CA:

Academic Press, 1994. — P. 945–984.

Brañez-Condorena A., Soriano-Moreno D.R., Navarro-Flores A., Solis-Chimoy B., Diaz-Barrera M.E., Taype-Rondan A. Accuracy of the Geriatric Depression Scale (GDS)-4 and GDS-5 for the screening of depression among older adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2021, 16(7), e0253899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253899>

Campidelli L., Domanti U., Fusi G., Kenett Y.N., Agnoli S. Creativity, the Fountain of Youth: Association between Creativity and Semantic Memory Structure Across the Lifespan. SSRN, 2025. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5211265>

Castillo-Viera E., Gago-Valiente F.J., Gimenez-Fuentes-Guerra F.J., Abad-Robles M.T., Moreno-Sanchez E. Physical activity programmes in the treatment of addictions: a systematic review. *Applied Sciences*, 2022, 12(18), 9117. <https://doi.org/10.3390/app12189117>

Chan K.Y., Vitevitch M.S. Network structure influences speech production. *Cognitive science*, 2010, 34(4), 685–697. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01100.x>

Christensen A.P., Kenett Y.N. Semantic network analysis (SemNA): A tutorial on preprocessing, estimating, and analyzing semantic networks. *Psychological Methods*, 2023, 28(4), 860. <https://doi.org/10.1037/met0000463>

Christensen A.P., Kenett Y.N., Cotter K.N., Beaty R.E., Silvia P.J. Remotely close associations: Openness to experience and semantic memory structure. *European Journal of Personality*, 2018, 32(4), 480–492. <https://doi.org/10.1002/per.2157>

Collins A.M., Loftus E.F. A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 1975, 82(6), 407–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>

Collins A.M., Quillian M.R. Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1969, 8(2), 240–247. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)

Cosgrove A.L., Beaty R.E., Diaz M.T., Kenett Y.N. Age differences in semantic network structure: Acquiring knowledge shapes semantic memory. *Psychology and Aging*, 2023, 38(2), 87–102. <https://doi.org/10.1037/pag0000721>

Cosgrove A.L., Kenett Y.N., Beaty R.E., Diaz M.T. Quantifying flexibility in thought: The resiliency of semantic networks differs across the lifespan. *Cognition*, 2021, No. 211, 104631. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104631>

De Brigard F., Umanath S., Irish M. Rethinking the distinction between episodic and semantic memory: Insights from the past, present, and future. *Memory & Cognition*, 2022, 50(3), 459–463. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01299-x>

De Deyne S., Navarro D.J., Perfors A., Storms G. Structure at every scale: A semantic network account of the similarities between unrelated concepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2016, 145(9), 1228–

1254. <https://doi.org/10.1037/xge0000192>

de Fleurian R., Pearce M.T. Chills in music: A systematic review. *Psychological Bulletin*, 2021, 147(9), 890–920. <https://doi.org/10.1037/bul0000341>

Décaillet M., Christensen A.P., Besuchet L., Huguenin-Virchaux C., Fischer Fumeaux C.J., Dener-vaud S., Schneider J. Characterization of language abilities and semantic networks in very preterm children at school-age. *PLoS one*, 2025, 20(1), e0317535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317535>

Denervaud S., Christensen A.P., Kenett Y.N., Beaty R.E. Education shapes the structure of semantic memory and impacts creative thinking. *npj Science of Learning*, 2021, 6(1), 35. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00113-8>

Dubossarsky H., De Deyne S., Hills T.T. Quantifying the structure of free association networks across the life span. *Developmental Psychology*, 2017, 53(8), 1560–1570. <https://doi.org/10.1037/dev0000347>

Faust M., Kenett Y.N. Rigidity, chaos and integration: hemispheric interaction and individual differences in metaphor comprehension. *Frontiers in human neuroscience*, 2014, 8, 511. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00511>

Fernandez-Fontecha A., Kenett Y.N. Examining the relations between semantic memory structure and creativity in second language. *Thinking Skills and Creativity*, 2022, 45, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101067>

Fry A.F., Hale S. Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological psychology*, 2000, 54(1-3), 1–34. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00051-X)

Goldstein R., Vitevitch, M.S. The influence of clustering coefficient on word-learning: How groups of similar sounding words facilitate acquisition. *Frontiers in psychology*, 2014, No. 5, 1307. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01307>

Goldstone R.L., Kersten, A. and Carvalho P.F. Categorization and Concepts. / In Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience, J.T. Wixted (Ed.). — 2025. <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn308>

Gruenenfelder T.M., Recchia G., Rubin T., Jones M.N. Graph-theoretic properties of networks based on word association norms: implications for models of lexical semantic memory. *Cognitive science*, 2016, 40(6), 1460–1495. <https://doi.org/10.1111/cogs.12299>

Guarini A., Sansavini A., Fabbri C., Savini S., Alessandrini R., Faldella G., Karmiloff-Smith A. Long-term effects of preterm birth on language and literacy at eight years. *Journal of child language*, 2010, 37(4), 865–885. <https://doi.org/10.1017/S0305000909990109>

He L., Kenett Y.N., Zhuang K., Liu C., Zeng R., Yan T., Huo T., Qiu J. The relation between semantic memory structure, associative abilities, and verbal and figural creativity. *Thinking & Reasoning*, 2020, 27(2), 268–293. <https://doi.org/10.1080/13546783.2020.1819415>

Jackson J.J., Hill P.L., Payne B.R., Roberts B.W., Stine-Morrow E.A. Can an old dog learn (and want to experience) new tricks? Cognitive training increases openness to experience in older adults. *Psychology and aging*, 2012, 27(2), 286–292. <https://doi.org/10.1037/a0025918>

Jones M.N., Willits J.A., Dennis S. Models of semantic memory. In J.R. Busemeyer, Z. Wang, J.T. Townsend, & Eidels A. (Eds.) / *The Oxford Handbook of Computational and Mathematical Psychology*. — Oxford University Press, 2015. — P. 232–254. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199957996.013.11>

Kenett Y.N., Anaki D., Faust, M. Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons. *Frontiers in human neuroscience*, 2014, 8(407), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00407>

Kenett Y.N., Levi E., Anaki D., Faust M. The semantic distance task: Quantifying semantic distance with semantic network path length. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2017, 43(9), 1470–1489. <https://doi.org/10.1037/xlm0000391>

Kenett Y.N., Siew C.S.Q., Vitevitch M.S. Network science in experimental psychology. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 2025, 79(1), 1–3. <https://doi.org/10.1037/cep0000367>

Kenett Y.N., Thompson-Schill S.L. Novel conceptual combination can dynamically reconfigure semantic memory networks. *PsyArXiv*, 2020. <https://doi.org/10.31234/osf.io/crip47>

Kenett Y.N., Ungar L., Chatterjee A. Beauty and wellness in the semantic memory of the beholder. *Frontiers in psychology*, 2021, No. 12, e696507. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.696507>

Kumar A.A. Semantic memory: A review of methods, models, and current challenges. *Psychonomic bulletin & review*, 2021, 28(1), 40–80. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01792-x>

Kumar A.A., Steyvers M., Balota D.A. A critical review of network-based and distributional approaches to semantic memory structure and processes. *Topics in Cognitive Science*, 2022, 14(1), 54–77. <https://doi.org/10.1111/tops.12548>

Lai C.K., Haim E., Aschauer W., Haim K., Beaty R.E. Fostering creativity in science education reshapes semantic memory. *Thinking Skills and Creativity*, 2024, No. 53, 101593. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101593>

Landauer T.K., Dumais S.T. A solution to Plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological review*, 1997, 104(2), 211–240. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.2.211>

Latora V., Marchiori M. Efficient behavior of small-world networks. *Physical review letters*, 2001, 87(19), e198701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.198701>

Lebkuecher A.L., Cosgrove A.L., Strober L.B., Chiaravalloti N.D., Diaz M.T. Multiple sclerosis is

associated with differences in semantic memory structure. *Neuropsychology*, 2024, 38(1), 42–57. <https://doi.org/10.1037/neu0000924>

Li Y., Beaty R.E., Luchini S., Hu W., Kenett Y.N. The role of semantic memory networks in crystallized intelligence and creative thinking ability. *Learning and Individual Differences*, 2024, No. 111, e102426. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102426>

Li Y., Kenett Y.N., Hu W., Beaty R.E. Flexible semantic network structure supports the production of creative metaphor. *Creativity Research Journal*, 2021, 33(3), 209–223. <https://doi.org/10.1080/10400419.2021.1879508>

Lillard A., Else-Quest N. Evaluating Montessori education. *Science*, 2006, 313(5795), 1893–1894. <https://doi.org/10.1126/science.1132362>

Luchini S.A., Wang S., Kenett Y.N., Beaty R.E. Mapping the memory structure of high-knowledge students: A longitudinal semantic network analysis. *Journal of Intelligence*, 2024, 12(6), 56. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12060056>

Mahon B.Z., Caramazza A. Concepts and categories: A cognitive neuropsychological perspective. *Annual review of psychology*, 2009, 60(1), 27–51. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163532>

Marko M., Riečanský I. The structure of semantic representation shapes controlled semantic retrieval. *Memory*, 2021, 29(4), 538–546. <https://doi.org/10.1080/9658211.2021.1906905>

McCrae R.R., Costa P.T., Martin T.A. The NEO-PI-3: A more readable revised NEO personality inventory. *Journal of Personality Assessment*, 2005, No. 84, 261–270. [https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8403\\_05](https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8403_05)

Morais A.S., Olsson H., Schooler L.J. Mapping the structure of semantic memory. *Cognitive science*, 2013, 37(1), 125–145. <https://doi.org/10.1111/cogs.12013>

Murman D.L. The impact of age on cognition. *Seminars in Hearing*, 2015, 36(3), 111–121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>

Nevado A., Del Rio D., Martin-Aragoneses M.T., Prados J.M., Lopez-Higes R. Preserved semantic categorical organization in mild cognitive impairment: A network analysis of verbal fluency. *Neuropsychologia*, 2021, No. 157, e107875. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107875>

Ovando-Tellez M., Benedek M., Kenett Y.N., Hills T., Bouanane S., Bernard M., Bello J., Beith T., Volle E. An investigation of the cognitive and neural correlates of semantic memory search related to creative ability. *Communications Biology*, 2022, 5(1), 604. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03547-x>

Osgood C.E. Exploration in semantic space: A personal diary I. *Journal of Social Issues*, 1971, 27(4), 5–64. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1971.tb00678.x>

Ovando-Tellez M., Kenett Y.N., Benedek M., Bernard M., Belo J., Beranger B., Beith T., Volle E. Brain connectivity–

- based prediction of real-life creativity is mediated by semantic memory structure. *Science advances*, 2022, 8(5), eabl4294. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl4294>
- Qiu M., Castro N., Johns B. Structural comparisons of noun and verb networks in the mental lexicon. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2021, No. 43, 1649–1655.
- Rastelli C., Greco A., Finocchiaro C. Revealing the role of divergent thinking and fluid intelligence in children’s semantic memory organization. *Journal of Intelligence*, 2020, 8(4), 43. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8040043>
- Reilly J., Shain C., Borghesani V., Kuhnke P., Vigliocco G., Peelle J.E., Mahon B.Z., Buxbaum L.J., Majid A., Brysbaert M., Borghi A.M., De Deyne S., Dove G., Papeo L., Pexman P.M., Poeppel D., Lupyan G., Boggio P., Hickok G., Gwilliams L., Fernandino L., Mirman D., Chrysikou E.G., Sandberg C.W., Crutch S.J., Pyllkkänen L., Yee E., Jackson R.L., Rodd J.M., Bedny M., Connell L., Kiefer M., Kemmerer D., de Zubicaray G., Jefferies E., Lynott D., Siew C.S.Q., Desai R.H., McRae K., Diaz M.T., Bolognesi M., Fedorenko E., Kiran S., Montefinese M., Binder J.R., Yap M.J., Hartwigsen G., Cantlon J., Bi Y., Hoffman P., Garcea F.E., Vinson D. What we mean when we say semantic: Toward a multidisciplinary semantic glossary. *Psychonomic bulletin & review*, 2025, 32(1), 243–280. <https://doi.org/10.3758/s13423-024-02556-7>
- Robinson M.M., DeStefano I.C., Vul E., Brady T.F. Local but not global graph theoretic measures of semantic networks generalize across tasks. *Behavior Research Methods*, 2024, 56(6), 5279–5308. <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02271-6>
- Runco M.A., Chand I. Cognition and creativity. *Educational psychology review*, 1995, No. 7, 243–267. <https://doi.org/10.1007/BF02213373>
- Schilling M.A. A “small-world” network model of cognitive insight. *Creativity Research Journal*, 2005, 17(2-3), 131–154. <https://doi.org/10.1080/10400419.2005.9651475>
- Siew C.S. spreadr: An R package to simulate spreading activation in a network. *Behavior Research Methods*, 2019, 51(2), 910–929. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1186-5>
- Siew C.S., Guru A. Investigating the network structure of domain-specific knowledge using the semantic fluency task. *Memory & cognition*, 2023, 51(3), 623–646. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01314-1>
- Siew C.S., Wulff D.U., Beckage N.M., Kenett Y.N. Cognitive network science: A review of research on cognition through the lens of network representations, processes, and dynamics. *Complexity*, 2019, 2019(1), e2108423. <https://doi.org/10.1155/2019/2108423>
- Skurnik A., Ackerman R., Kenett Y.N. Semantic memory and creative evaluation. *BMC psychology*, 2025, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03124-x>
- Smith E.E., Medin D.L. *Categories and Concepts*. — Harvard University Press, 1981. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674866270>
- Smith E.E., Shoben E.J., Rips L.J. Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 1974, No. 81, 214–241. <https://doi.org/10.1037/h0036351>
- Steyvers M., Tenenbaum J.B. The large-scale structure of semantic networks: Statistical analyses and a model of semantic growth. *Cognitive Science*, 2005, 29(1), 41–78. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2901\\_3](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2901_3)
- Sumowski J.F., Benedict R., Enzinger C., Filippi M., Geurts J.J., Hamalainen P., Hulst H., Inglese M., Leavitt V.M., Rocca M.A., Rosti-Otajarvi E.M., Rao S. Cognition in multiple sclerosis: State of the field and priorities for the future. *Neurology*, 2018, 90(6), 278–288. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004977>
- Tulving E. *Episodic and Semantic Memory*. / In E. Tulving, & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory*. — Cambridge, MA: Academic Press, 1972. — P. 381–403.
- Vitevitch M.S., Goldstein R., Johnson E. Path-length and the misperception of speech: Insights from network science and psycholinguistics. / In A. Mehler, A. Lücking, S. Banisch, P. Blanchard, B. Job (Eds.), *Towards a theoretical framework for analyzing complex linguistic networks*. — Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2016. — P. 29–45. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47238-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47238-5_2)
- Vitevitch M.S. The influence of phonological similarity neighborhoods on speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(4), 735–747. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.735>
- Wang Y., Deng Y., Wang G., Li T., Xiao H., Zhang Y. The fluency-based semantic network of LLMs differs from humans. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2025, No. 3, e100103. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100103>
- Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, 1998, 393(6684), 440–442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- Wulff D.U., De Deyne S., Aeschbach S., Mata R. Using network science to understand the aging lexicon: Linking individuals’ experience, semantic networks, and cognitive performance. *Topics in Cognitive Science*, 2022, 14(1), 93–110. <https://doi.org/10.1111/tops.12586>
- Wulff D.U., Hills T.T., Mata R. Structural differences in the semantic networks of younger and older adults. *Scientific Reports*, 2022, 12(1), e21459. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11698-4>
- Yee E., Jones, M.N., McRae K. *Semantic Memory*. / In Stevens’ *Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, J.T. Wixted (Ed.). — 2025. <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn309>
- Zemla J.C., Cao K., Mueller K.D., Austerweil J.L. SNAFU: The semantic network and fluency utility. *Behavior research methods*, 2020, 52(4), 1681–1699. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01343-w>

Поступила в редакцию 25.07.2025  
Поступила после рецензирования 07.11.2025  
Принята к публикации 09.01.2026  
Опубликована 30.04.2026

## Сведения об авторах

*Бармин Артем Вячеславович.* Младший научный сотрудник лаборатории когнитивных исследований основ коммуникации, Московский государственный лингвистический университет, ул. Остоженка, д. 38, 119034, Москва, Россия.

E-mail: [art.barmin1@gmail.com](mailto:art.barmin1@gmail.com)

*Блинникова Ирина Владимировна.* Кандидат психологических наук, директор лаборатории когнитивных исследований основ коммуникации, Московский государственный лингвистический университет, ул. Остоженка, д. 38, 119034, Москва, Россия; доцент кафедры психологии труда и инженерной психологии, факультет психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ул. Моховая, д. 9, 125009, Москва, Россия.

E-mail: [ir.vl.blinnikova@gmail.com](mailto:ir.vl.blinnikova@gmail.com)

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Ссылка для цитирования

Бармин А.В., Блинникова И.В. Систематический обзор зарубежных исследований сетевой структуры семантической памяти. Психологические исследования. 2026. Т. 19, № 106. С. 5.

URL: <https://psystudy.ru>

Адрес статьи:

<https://doi.org/10.54359/ps.v19i106.2081>

## Systematic review of foreign studies of the network structure of semantic memory

Barmin A.V.<sup>1</sup>, Blinnikova I.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University, Moscow, Russia

The network-based approach is widely used in research on semantic memory (SM). This approach conceptualizes the structure of SM as a network consisting of nodes connected by edges and focuses on the analysis of its network properties. Despite the growing popularity of this approach, systematic knowledge regarding the principles, methodological practices, and empirical findings associated with its application remains limited. The aim of this study was to analyze and systematize English-language research on the network structure of semantic memory published over the past ten years. A literature search was conducted using the databases ScienceDirect, PsycNet, and Google Scholar. The initial search yielded 391 publications. After applying inclusion and exclusion criteria, 37 studies were selected for the final qualitative analysis. The selection and analysis of publications were conducted in accordance with the PRISMA guidelines. Classification and systematization methods were employed for both quantitative and qualitative analysis. The studies included in the review were systematized according to the following criteria: (1) methods for constructing semantic memory networks; (2) structural parameters of semantic memory networks; and (3) factors associated with changes in semantic memory networks. As a result of the analysis, the methodological characteristics of existing network construction techniques were identified, structural parameters of semantic memory networks were classified, and factors associated with structural changes in these networks were described, along with the nature of these changes. Systematic knowledge of semantic memory network construction methods, their structural parameters, and the factors influencing their modification is essential for the design and interpretation of empirical studies of semantic memory. The results of this review clarify the nature of the network-based approach to modeling the structure of semantic memory and may serve as a methodological reference for future research in this field.

**Keywords:** semantic memory, semantic network, network science, graph theory, semantic clusterization

## Funding

The study was conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia «Integrated assessment of cognitive and emotional resources of participants in the Internet communication in their native and foreign languages». No 125090210031-6.

## References

Agustín-Llach M. How age and L2 proficiency affect the L2 lexicon. *System*, 2022, No. 104, e102697. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102697>

Agustín-Llach M.P. Foreign language semantic categorization: Evidence from the semantic network and word connections. *Journal of Research in Applied Linguistics*, 2023, 14(1), 205–222. <https://doi.org/10.22055/rals.2023.18077>

Barmin A., Velichkovsky B.B. Dynamics of second-language learners' semantic memory networks: Evidence from a snowball sampling paradigm. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 2024, 79(1), 98–108. <https://doi.org/10.1037/cep0000350>

Benedek M., Kenett Y.N., Umdasch K., Anaki D., Faust M., Neubauer A.C. How semantic memory structure and intelligence contribute to creative thought: A network science approach. *Thinking & Reasoning*, 2017, 23(2), 158–183. <https://doi.org/10.1080/13546783.2016.1278034>

Bieth T., Kenett Y.N., Ovando-Tellez M., Lopez-Persem A., Lacaux C., Scuccimarra M., Maye I., Sénéchal J., Oudiette D., Volle E. Changes in semantic memory structure support successful problem-solving and analogical transfer. *Communications Psychology*, 2024, No. 2(1), 54. <https://doi.org/10.1038/s44271-024-00100-w>

Blinnikova I.V., Safuanova O.V. Psixosemantika i processy` semanticheskoy obrabotki // Psixologiya XXI veka: ucheb. dlya vuzov / pod red. V.N.Druzhinina. — M.: PER SE`, 2003. — P. 268–291. (In Russian)

Bock K., Levelt W.J.M. Language production: Grammatical encoding. / In M.A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of Psycholinguistics*. — San Diego, CA: Academic Press, 1994. — P. 945–984.

Brañez-Condorena A., Soriano-Moreno D.R., Navarro-Flores A., Solis-Chimoy B., Diaz-Barrera M.E., Taype-Rondan A. Accuracy of the Geriatric Depression Scale (GDS)-4 and GDS-5 for the screening of depression among older adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2021, 16(7), e0253899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253899>

Campidelli L., Domanti U., Fusi G., Kenett Y.N., Agnoli S. Creativity, the Fountain of Youth: Association between Creativity and Semantic Memory Structure Across the Lifespan. *SSRN*, 2025. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5211265>

Castillo-Viera E., Gago-Valiente F.J., Gimenez-Fuentes-Guerra F.J., Abad-Robles M.T., Moreno-Sanchez E. Physical activity programmes in the treatment of addictions: a systematic review. *Applied Sciences*, 2022, 12(18), 9117. <https://doi.org/10.3390/app12189117>

Chan K.Y., Vitevitch M.S. Network structure influences speech production. *Cognitive science*, 2010, 34(4), 685–697. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01100.x>

Christensen A.P., Kenett Y.N. Semantic network analysis (SemNA): A tutorial on preprocessing, estimating, and analyzing semantic networks. *Psychological Methods*, 2023, 28(4), 860. <https://doi.org/10.1037/met0000463>

Christensen A.P., Kenett Y.N., Cotter K.N., Beaty R.E., Silvia P.J. Remotely close associations: Openness to experience and semantic memory structure. *European Journal of Personality*, 2018, 32(4), 480–492. <https://doi.org/10.1002/per.2157>

Collins A.M., Loftus E.F. A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 1975, 82(6), 407–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>

Collins A.M., Quillian M.R. Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1969, 8(2), 240–247. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)

Cosgrove A.L., Beaty R.E., Diaz M.T., Kenett Y.N. Age differences in semantic network structure: Acquiring knowledge shapes semantic memory. *Psychology and Aging*, 2023, 38(2), 87–102. <https://doi.org/10.1037/pag0000721>

Cosgrove A.L., Kenett Y.N., Beaty R.E., Diaz M.T. Quantifying flexibility in thought: The resiliency of semantic networks differs across the lifespan. *Cognition*, 2021, No. 211, e104631. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104631>

De Brigard F., Umanath S., Irish M. Rethinking the distinction between episodic and semantic memory: Insights from the past, present, and future. *Memory & Cognition*, 2022, 50(3), 459–463. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01299-x>

De Deyne S., Navarro D.J., Perfors A., Storms G. Structure at every scale: A semantic network account of the similarities between unrelated concepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2016, 145(9), 1228–1254. <https://doi.org/10.1037/xge0000192>

de Fleurian R., Pearce M.T. Chills in music: A systematic review. *Psychological Bulletin*, 2021, 147(9), 890–920. <https://doi.org/10.1037/bul0000341>

Décaillet M., Christensen A.P., Besuchet L., Huguenin-Virchaux C., Fischer Fumeaux C.J., Denervaud S., Schneider J. Characterization of language abilities and semantic networks in very preterm children at school-age. *PLoS one*, 2025, 20(1), e0317535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0317535>

Denervaud S., Christensen A.P., Kenett Y.N., Beaty R.E. Education shapes the structure of semantic memory and impacts creative thinking. *npj Science of Learning*, 2021,

6(1), 35. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00113-8>

Dubossarsky H., De Deyne S., Hills T.T. Quantifying the structure of free association networks across the life span. *Developmental Psychology*, 2017, 53(8), 1560–1570. <https://doi.org/10.1037/dev0000347>

Faust M., Kenett Y.N. Rigidity, chaos and integration: hemispheric interaction and individual differences in metaphor comprehension. *Frontiers in human neuroscience*, 2014, No. 8, e511. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00511>

Fernandez-Fontecha A., Kenett Y.N. Examining the relations between semantic memory structure and creativity in second language. *Thinking Skills and Creativity*, 2022, No. 45, e101067. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101067>

Fry A.F., Hale S. Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological psychology*, 2000, 54(1-3), 1–34. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00051-X)

Goldstein R., Vitevitch, M.S. The influence of clustering coefficient on word-learning: How groups of similar sounding words facilitate acquisition. *Frontiers in psychology*, 2014, No. 5, e1307. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01307>

Goldstone R.L., Kersten, A. and Carvalho P.F. Categorization and Concepts. / In Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience, J.T. Wixted (Ed.). — 2025. <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn308>

Gruenenfelder T.M., Recchia G., Rubin T., Jones M.N. Graph-theoretic properties of networks based on word association norms: implications for models of lexical semantic memory. *Cognitive science*, 2016, 40(6), 1460–1495. <https://doi.org/10.1111/cogs.12299>

Guarini A., Sansavini A., Fabbri C., Savini S., Alessandrini R., Faldella G., Karmiloff-Smith A. Long-term effects of preterm birth on language and literacy at eight years. *Journal of child language*, 2010, 37(4), 865–885. <https://doi.org/10.1017/S0305000909990109>

He L., Kenett Y.N., Zhuang K., Liu C., Zeng R., Yan T., Huo T., Qiu J. The relation between semantic memory structure, associative abilities, and verbal and figural creativity. *Thinking & Reasoning*, 2020, 27(2), 268–293. <https://doi.org/10.1080/13546783.2020.1819415>

Jackson J.J., Hill P.L., Payne B.R., Roberts B.W., Stine-Morrow E.A. Can an old dog learn (and want to experience) new tricks? Cognitive training increases openness to experience in older adults. *Psychology and aging*, 2012, 27(2), 286–292. <https://doi.org/10.1037/a0025918>

Jones M.N., Willits J.A., Dennis S. Models of semantic memory. / In J.R. Busemeyer, Z. Wang, J.T. Townsend, & A. Eidels (Eds.), *The Oxford Handbook of Computational and Mathematical Psychology*. — Oxford University Press, 2015. — P. 232–254. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199957996.013.11>

Kenett Y.N., Anaki D., Faust, M. Investigating the

structure of semantic networks in low and high creative persons. *Frontiers in human neuroscience*, 2014, 8(407), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00407>

Kenett Y.N., Levi E., Anaki D., Faust M. The semantic distance task: Quantifying semantic distance with semantic network path length. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2017, 43(9), 1470–1489. <https://doi.org/10.1037/xlm0000391>

Kenett Y.N., Siew C.S.Q., Vitevitch M.S. Network science in experimental psychology. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 2025, 79(1), 1–3. <https://doi.org/10.1037/cep0000367>

Kenett Y.N., Thompson-Schill S.L. Novel conceptual combination can dynamically reconfigure semantic memory networks. *PsyArXiv*, 2020. <https://doi.org/10.31234/osf.io/crp47>

Kenett Y.N., Ungar L., Chatterjee A. Beauty and wellness in the semantic memory of the beholder. *Frontiers in psychology*, 2021, No. 12, e696507. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.696507>

Kumar A.A. Semantic memory: A review of methods, models, and current challenges. *Psychonomic bulletin & review*, 2021, 28(1), 40–80. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01792-x>

Kumar A.A., Steyvers M., Balota D.A. A critical review of network-based and distributional approaches to semantic memory structure and processes. *Topics in Cognitive Science*, 2022, 14(1), 54–77. <https://doi.org/10.1111/tops.12548>

Lai C.K., Haim E., Aschauer W., Haim K., Beaty R.E. Fostering creativity in science education reshapes semantic memory. *Thinking Skills and Creativity*, 2024, No. 53, e101593. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101593>

Landauer T.K., Dumais S.T. A solution to Plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological review*, 1997, 104(2), 211–240. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.2.211>

Latora V., Marchiori M. Efficient behavior of small-world networks. *Physical review letters*, 2001, 87(19), e198701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.198701>

Lebkuecher A.L., Cosgrove A.L., Strober L.B., Chiaravalloti N.D., Diaz M.T. Multiple sclerosis is associated with differences in semantic memory structure. *Neuropsychology*, 2024, 38(1), 42–57. <https://doi.org/10.1037/neu0000924>

Li Y., Beaty R.E., Luchini S., Hu W., Kenett Y.N. The role of semantic memory networks in crystallized intelligence and creative thinking ability. *Learning and Individual Differences*, 2024, 111, e102426. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102426>

Li Y., Kenett Y.N., Hu W., Beaty R.E. Flexible semantic network structure supports the production of creative metaphor. *Creativity Research Journal*, 2021, 33(3), 209–

223. <https://doi.org/10.1080/10400419.2021.1879508>

Lillard A., Else-Quest N. Evaluating Montessori education. *Science*, 2006, 313(5795), 1893–1894. <https://doi.org/10.1126/science.1132362>

Luchini S.A., Wang S., Kenett Y.N., Beaty R.E. Mapping the memory structure of high-knowledge students: A longitudinal semantic network analysis. *Journal of Intelligence*, 2024, 12(6), 56. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12060056>

Mahon B.Z., Caramazza A. Concepts and categories: A cognitive neuropsychological perspective. *Annual review of psychology*, 2009, 60(1), 27–51. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163532>

Marko M., Riečanský I. The structure of semantic representation shapes controlled semantic retrieval. *Memory*, 2021, 29(4), 538–546. <https://doi.org/10.1080/09658211.2021.1906905>

McCrae R.R., Costa P.T., Martin T.A. The NEO-PI-3: A more readable revised NEO personality inventory. *Journal of Personality Assessment*, 2005, 84, 261–270. [https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8403\\_05](https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8403_05)

Morais A.S., Olsson H., Schooler L.J. Mapping the structure of semantic memory. *Cognitive science*, 2013, 37(1), 125–145. <https://doi.org/10.1111/cogs.12013>

Morozova O. Strukturnoe setevoe modelirovanie v kognitivnoj nauke. *Psihologicheskie issledovaniya*, 2017, 10(5). (In Russian) <https://doi.org/10.54359/ps.v10i55.351>

Murman D.L. The impact of age on cognition. *Seminars in Hearing*, 2015, 36(3), 111–121. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1555115>

Nevado A., Del Rio D., Martin-Aragoneses M.T., Prados J.M., Lopez-Higes R. Preserved semantic categorical organization in mild cognitive impairment: A network analysis of verbal fluency. *Neuropsychologia*, 2021, 157, 107875. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107875>

Osgood C.E. Exploration in semantic space: A personal diary I. *Journal of Social Issues*, 1971, 27(4), 5–64. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1971.tb00678.x>

Ovando-Tellez M., Benedek M., Kenett Y.N., Hills T., Bouanane S., Bernard M., Bello J., Beith T., Volle E. An investigation of the cognitive and neural correlates of semantic memory search related to creative ability. *Communications Biology*, 2022, 5(1), 604. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03547-x>

Ovando-Tellez M., Kenett Y.N., Benedek M., Bernard M., Belo J., Beranger B., Beith T., Volle E. Brain connectivity-based prediction of real-life creativity is mediated by semantic memory structure. *Science advances*, 2022, 8(5), eabl4294. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abl4294>

Qiu M., Castro N., Johns B. Structural comparisons of noun and verb networks in the mental lexicon. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2021, No. 43, 1649–1655.

Rastelli C., Greco A., Finocchiaro C. Revealing the role of divergent thinking and fluid intelligence in children's semantic memory organization. *Journal of Intelligence*, 2020, 8(4), 43. <https://doi.org/10.3390/jintelligence8040043>

Reilly J., Shain C., Borghesani V., Kuhnke P., Vigliocco G., Peelle J.E., Mahon B.Z., Buxbaum L.J., Majid A., Brysbaert M., Borghi A.M., De Deyne S., Dove G., Papeo L., Pexman P.M., Poeppel D., Lupyán G., Boggio P., Hickok G., Gwilliams L., Fernandino L., Mirman D., Chrysikou E.G., Sandberg C.W., Crutch S.J., Pyllkkänen L., Yee E., Jackson R.L., Rodd J.M., Bedny M., Connell L., Kiefer M., Kemmerer D., de Zubicaray G., Jefferies E., Lynott D., Siew C.S.Q., Desai R.H., McRae K., Diaz M.T., Bolognesi M., Fedorenko E., Kiran S., Montefinese M., Binder J.R., Yap M.J., Hartwigsen G., Cantlon J., Bi Y., Hoffman P., Garcea F.E., Vinson D. What we mean when we say semantic: Toward a multidisciplinary semantic glossary. *Psychonomic bulletin & review*, 2025, 32(1), 243–280. <https://doi.org/10.3758/s13423-024-02556-7>

Robinson M.M., DeStefano I.C., Vul E., Brady T.F. Local but not global graph theoretic measures of semantic networks generalize across tasks. *Behavior Research Methods*, 2024, 56(6), 5279–5308. <https://doi.org/10.3758/s13428-023-02271-6>

Runco M.A., Chand I. Cognition and creativity. *Educational psychology review*, 1995, No. 7, 243–267. <https://doi.org/10.1007/BF02213373>

Schilling M.A. A “small-world” network model of cognitive insight. *Creativity Research Journal*, 2005, 17(2-3), 131–154. <https://doi.org/10.1080/10400419.2005.9651475>

Siew C.S. spreadr: An R package to simulate spreading activation in a network. *Behavior Research Methods*, 2019, 51(2), 910–929. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1186-5>

Siew C.S., Guru A. Investigating the network structure of domain-specific knowledge using the semantic fluency task. *Memory & cognition*, 2023, 51(3), 623–646. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01314-1>

Siew C.S., Wulff D.U., Beckage N.M., Kenett Y.N. Cognitive network science: A review of research on cognition through the lens of network representations, processes, and dynamics. *Complexity*, 2019, 2019(1), 2108423. <https://doi.org/10.1155/2019/2108423>

Skurnik A., Ackerman R., Kenett Y.N. Semantic memory and creative evaluation. *BMC psychology*, 2025, 13(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03124-x>

Smith E.E., Medin D.L. *Categories and Concepts*. — Harvard University Press, 1981. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674866270>

Smith E.E., Shoben E.J., Rips L.J. Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 1974, No. 81, 214–241. <https://doi.org/10.1037/h0036351>

Steyvers M., Tenenbaum J.B. The large-scale structure

of semantic networks: Statistical analyses and a model of semantic growth. *Cognitive Science*, 2005, 29(1), 41–78. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2901\\_3](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2901_3)

Sumowski J.F., Benedict R., Enzinger C., Filippi M., Geurts J.J., Hamalainen P., Hulst H., Inglese M., Leavitt V.M., Rocca M.A., Rosti-Otajarvi E.M., Rao S. Cognition in multiple sclerosis: State of the field and priorities for the future. *Neurology*, 2018, 90(6), 278–288. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004977>

Tulving E. Episodic and Semantic Memory. / In E. Tulving, & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory*. — Cambridge, MA: Academic Press, 1972. — P. 381–403.

Useche-Guerrero C.D., Merino-Godoy M.D.L.Á., Barroso-Márquez E.M., Martins Teixeira da Costa E.I., Bejarano R.C., Gago-Valiente F.J. Elevating Elderly Cancer Care: A Systematic Review of Advanced Practice Nursing's Role in Senior Oncology Patients' Quality of Life. *Journal of Nursing Management*, 2024, 2024(1), 6698804. <https://doi.org/10.1155/2024/6698804>

Valueva E.A., Laptewa N.M., Pospelov N.A., Ushakov D.V. Fenomen inkubacii i aktivaciya semanticheskoy seti. *Kul'turno-istoricheskaya psixologiya*, 2024, 20(4), 40–51. (In Russian) <https://doi.org/10.17759/chp.2024200405>

Vitevitch M.S. The influence of phonological similarity neighborhoods on speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(4), 735–747. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.735>

Vitevitch M.S., Goldstein R., Johnson E. Path-length and the misperception of speech: Insights from network science and psycholinguistics. / In A. Mehler, A. Lücking, S. Banisch, P. Blanchard, B. Job (Eds.), *Towards a theoretical framework for analyzing complex linguistic networks*. — Berlin, Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2016. — P. 29–45. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47238-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47238-5_2)

Wang Y., Deng Y., Wang G., Li T., Xiao H., Zhang Y. The fluency-based semantic network of LLMs differs from humans. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2025, No. 3, e100103. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2024.100103>

Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 1998, 393(6684), 440–442. <https://doi.org/10.1038/30918>

Wulff D.U., De Deyne S., Aeschbach S., Mata R. Using network science to understand the aging lexicon: Linking individuals' experience, semantic networks, and cognitive performance. *Topics in Cognitive Science*, 2022, 14(1), 93–110. <https://doi.org/10.1111/tops.12586>

Wulff D.U., Hills T.T., Mata R. Structural differences in the semantic networks of younger and older adults. *Scientific Reports*, 2022, 12(1), e21459. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11698-4>

Yee E., Jones M.N., McRae K. Semantic Memory. / In *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, J.T. Wixted (Ed.). — 2025. <https://doi.org/10.1002/9781119170174.epcn309>

Zemla J.C., Cao K., Mueller K.D., Austerweil J.L. SNAFU: The semantic network and fluency utility. *Behavior research methods*, 2020, 52(4), 1681–1699. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01343-w>

Received 25.07.2025

Revised 07.11.2025

Accepted 09.01.2026

Published 30.04.2026

## Information about authors

*Barmin Artem Vyacheslavovich*. Junior Researcher, Laboratory for Cognitive Studies of Communication, Moscow State Linguistic University, ul. Ostozhenka, d. 38, 119034, Moscow, Russia.

E-mail: [art.barmin1@gmail.com](mailto:art.barmin1@gmail.com)

*Blinnikova Irina Vladimirovna*. PhD in Psychology, Director of the Laboratory for Cognitive Studies of Communication, Moscow State Linguistic University, ul. Ostozhenka, d. 38, 119034, Moscow, Russia; Associate Professor at the Department of Labour Psychology and Engineering Psychology, the Faculty of Psychology, Moscow State University, ul. Mohovaya, d. 9, 125009, Moscow, Russia.

E-mail: [ir.vl.blinnikova@gmail.com](mailto:ir.vl.blinnikova@gmail.com)

## Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

For citation:

Barmin A.V., Blinnikova I.V. Systematic review of foreign studies of the network structure of semantic memory. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2026, Vol. 19, No. 106, p. 5. <https://psystudy.ru>