

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Бармин

Московский государственный лингвистический университет
119034, г. Москва, ул. Остоженка, 38 стр.1
E-mail: art.barmin1@gmail.com

И.В. Блиникова

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Факультет психологии
125009, Москва, ул. Моховая, 11 стр. 9,
E-mail: blinnikova-iv@yandex.ru

Ключевые слова: семантическая память, сетевое моделирование, дистрибутивная семантика.

Аннотация: Настоящая работа посвящена рассмотрению современных подходов к моделированию семантической памяти человека. Рассматриваются два класса моделей семантической памяти: сетевые и дистрибутивные. Описываются методологические принципы каждого класса моделей и демонстрируются возможности их использования в когнитивных исследованиях. Рассматривается возможность объединения принципов сетевых и дистрибутивных моделей семантической памяти в гибридных семантических моделях и их применения в когнитивных исследованиях. В качестве примера использования сетевого моделирования семантической памяти, приводится описание и результаты исследования динамики сетевой структуры семантической памяти у изучающих иностранный язык.

Семантическая память (СП) представляет собой отдел долговременной памяти, отвечающий за хранение общих знаний о мире. В настоящее время в целях изучения организации общих знаний в памяти человека применяются различные модели СП. Среди наиболее известных и эффективных моделей СП следует выделить сетевые и дистрибутивные модели.

Сетевые модели базируются на принципе, согласно которому структура СП может быть представлена в виде семантической сети, т.е. множества узлов, некоторые из которых соединены ребрами. При этом, под узлами понимаются единицы семантической информации, а под ребрами - семантические связи между ними [1]. Происхождение сетевых моделей СП берет начало с исследований М. Quillian [2, 3], посвященных репрезентации информации в компьютерной памяти, организованной в виде иерархической семантической сети. В современных исследованиях создание семантических сетей происходит либо в ходе ассоциативных экспериментов с применением таких тестов как «задача вербальной беглости», «задача снежного кома» и др. В настоящее время семантические сети используются для установления динамики структуры СП под влиянием разных факторов. Так, современные исследования СП человека, проведенные в парадигме семантических сетей, показывают, как сетевая структура СП меняется под влиянием таких факторов как креативность [4], языковой опыт [5], система образования [6] и др.

Дистрибутивные модели базируются на принципе, согласно которому СП человека может быть исследована путем установления закономерностей распределения слов в текстовых корпусах. Так, разрабатываются специальные математические алгоритмы определения особенностей расположения тех или иных слов в текстах относительно других слов с целью нахождения степени их семантической связанности [6]. Одной из известных ДСМ является LSA [7], которая с успехом применяется в современных когнитивных исследованиях [8, 9]. LSA подразумевает создание особой матрицы частотности появления слов в тексте, преобразование этой матрицы в векторное пространство и расчет косинуса угла между векторами, отражающими степень связанности слов. Благодаря способности выявления скрытых измерений, LSA позволяет решить проблему выявления семантической связанности слов, которые никогда не встречаются вместе в тексте, что отличает данную модель от более ранних, например, HAL [10]. Так, ДСМ показали свою эффективность в решении ряда когнитивных задач на СП [11], чувствительность к эффекту семантического прайминга [12] и т.д.

Сетевой и дистрибутивный подходы к моделированию СП имеют как преимущества, так и недостатки. Ключевым преимуществом сетевых моделей является учет моторных / перцептивных аспектов семантической информации, что не предусматривается в лингвистических корпусах, ограниченных своим размером и другими параметрами. Преимуществом ДСМ является, по всей видимости, диапазон их вычислительных возможностей. По этой причине, в настоящее время для эффективного моделирования СП человека, появляются гибридные модели, заключающие в себе преимущества как сетевых моделей, так и ДСМ. Например, следует выделить мультиплексные семантические сети, в которых могут использоваться одновременно и ассоциативные показатели, полученные в ходе поведенческих экспериментах, и показатели совместной встречаемости слов в лингвистических корпусах [13]. Известно, что мультиплексные сети представляется достаточно эффективным средством изучения когнитивных процессов. К примеру, было показано, что мультиплексные сети лучше объясняют процессы усвоения слов, чем сети, построенные на основе какого-то одного из перечисленных выше видов данных (отдельно поведенческие или дистрибутивные) (Там же).

Таким образом, в настоящее время существует два эффективных инструмента моделирования структуры СП, которые способствуют эффективному изучению данной когнитивной системы. При этом, такие возможности целесообразно комбинировать для достижения достоверных результатов.

Одной из наиболее актуальных проблем, к решению которой можно применить описанные подходы, является формирование иноязычного ментального лексикона. Изучение иностранного языка предполагает сохранение большого объема лексического материала, единицы которого связываются между собой, кластеризуются и применяются для решения лингвистических задач. Среди когнитивных процессов, обеспечивающих изучение иностранного языка, выделяются высокоуровневые когнитивные процессы СП, участвующие в соотношении языковых единиц с их значениями. Поскольку СП является одним из структурных компонентов ментального лексикона, от которого зависит его общее функционирование, исследование СП приобретает большое значение в когнитивной науке.

При опоре на сетевую парадигму изучения СП, нами было проведено исследование динамики сетевой структуры СП у изучающих иностранный язык. Предполагалось, что семантические сети испытуемых, различающихся временем изучения иностранного языка будут различаться по разным структурным сетевым характеристикам. В качестве испытуемых выступали учащиеся 1-го и 4-го курса различных российских вузов. Всего

приняло участие 56 студентов, из них 27 студентов являлись первокурсниками (пол: 5 Ж, 2 М, возраст: $M = 18,14$; $SD = 0,66$) и 29 студентов четверокурсниками (пол: 18 Ж, 11 М, возраст: $M = 21,44$, $SD = 1,66$). Все студенты обучались по направлению «Языкознание и литературоведение» и изучали английский язык как первый иностранный. Для построения семантических сетей использовалась методика «снежного кома» [15]. В этой задаче испытуемым нужно было придумывать ассоциации сначала к ключевым словам, выбранным экспериментатором, затем к своим словам-ассоциациям и так далее (было реализовано 3 экспериментальные итерации). В качестве ключевых слов использовались английские слова. Испытуемым было предложено придумать слова на английском. Далее, построенные семантические сети испытуемых двух групп сравнивались по таким структурным показателям как «средняя степень узла» (среднее количество ребер, примыкающих к узлам в сети), «средний кратчайший путь» (среднее меньшее расстояние от одного узла до другого в сети) и «средний коэффициент кластеризации» (средний показатель вероятности, что соседи случайного узла в сети сами будут соседями). Результаты исследования показали, что семантические сети не различаются по таким характеристикам как «средний коэффициент кластеризации» ($U = 321$, $p = .248$), но различаются по «средней степени узла» ($T = -2.626$, $p < .02$) и «среднему кратчайшему пути» ($T = 2.082$, $p < .05$). При этом, «средняя степень узла» была выше в сетях студентов четвертого курса ($M(1 \text{ курс}) = 2.78$; $M(4 \text{ курс}) = 3.36$), а «средний кратчайший путь» был ниже в этой группе ($M(4 \text{ курс}) = 4.89$; $M(1 \text{ курс}) = 5.43$). Результаты показывают, что по мере изучения иностранного языка, структура СП становится более связанной (за счет увеличения показателя средней степени узла), т.е. показывают большую избирательность материала и более гибкой (за счет уменьшения коэффициента среднего кратчайшего пути), т.е. демонстрируют большую степень приспособленности к распространению активации. Однако, общая структурированность сетей в ходе изучения иностранного языка не меняется (в сетях отсутствуют различия в уровнях кластеризации), т.е. характер распространения активации между соседями узлов в сети остается неизменным.

В дальнейшем планируется проведение исследования динамики структуры СП с использованием ДСМ. Планируется сравнение полученных результатов такого исследования с результатами настоящей работы для выявления наиболее эффективной модели СП.

Список литературы

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*. 2018.
2. Quillian M.R. Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities // *Behavioral Science*. 1967. Vol. 12, No 5. P. 410-430.
3. Quillian M.R. The teachable language comprehender: A simulation program and theory of language // *Communications of the ACM*. 1969. Vol. 12, No 8. P. 459-476.
4. Kenett Y.N., Anaki D., Faust M. Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons // *Frontiers in human neuroscience*. 2014. Vol. 8.
5. Feng X., Liu J. The developmental trajectories of L2 lexical-semantic networks // *Humanities and Social Sciences Communications*. 2023. Vol. 10, No 1. P. 1-12.
6. Denervaud S., Christensen A.P., Kenett Y.N., Beaty R.E. Education shapes the structure of semantic memory and impacts creative thinking // *Science of Learning*. 2021. Vol. 6, No 1.
7. Kumar A.A. Semantic memory: A review of methods, models, and current challenges // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2021. Vol. 28. P. 40-80.
8. 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. Vol. 104, No 2.

9. Ren X., Coutanche M. N. Sleep reduces the semantic coherence of memory recall: An application of latent semantic analysis to investigate memory reconstruction // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2021. Vol. 28. P. 1336-1343.
10. LaVoie N., Parker J., Legree P.J., Ardison, S., Kilcullen R.N. Using latent semantic analysis to score short answer constructed responses: Automated scoring of the consequences test // *Educational and Psychological Measurement*. 2020. Vol. 80, No 2. P. 399-414.
11. Lund K., Burgess C. Producing high-dimensional semantic spaces from lexical co-occurrence // *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. Vol. 28, No 2. P. 203-208.
12. Baroni M., Dinu G., Kruszewski, G. Don't count, predict! A systematic comparison of context-counting vs. context-predicting semantic vectors // *Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2014. Vol. 1. P. 238-247.
13. Hutchison K.A. Is semantic priming due to association strength or feature overlap? A microanalytic review // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2003. Vol. 10. P. 785-813.
14. Stella M., Beckage N.M., Brede M. Multiplex lexical networks reveal patterns in early word acquisition in children // *Scientific reports*. 2017. Vol. 7, No 1.
15. Morais A.S., Olsson H., Schooler L.J. Mapping the structure of semantic memory // *Cognitive science*. 2013. Vol. 37, No 1. P. 125-145.