

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

© 2020 Д. Е. Орлова, А. В. Падалко

*Воронежский институт ФСИИ России (Воронеж, Россия),
Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)*

Рассматриваются теоретические вопросы применения аппарата семантических сетей для интеллектуальной поддержки принятия решений. Выделяются основные компоненты принятия решений: концептуализация задачи; генерация вариантов решения; оценка вариантов решений; выбор предпочтительного варианта решения. С использованием семантических сетей производится формализация этих компонентов. Приводится алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений, разработанный на базе аппарата семантических сетей.

Ключевые слова: семантическая сеть, мера, решение, генерация, анализ, выбор, алгоритм.

Введение. Семантической (смысловой) сетью называется модель предметной области, представленная в виде графа, вершинами которого являются понятия, а дуги (ребра) – отношения между ними. Предшественниками современных семантических сетей можно считать экзистенциальные (лат. *exsisto* – возникаю, происхожу) графы, предложенные Чарльзом Пирсом в 1909 г. С их помощью описывались понятия и логические связи между ними некоторой предметной области. Важным этапом в становлении семантических сетей стали работы немецкого психолога Отто Сэлза. Для описания понятий и связей между ними, а также изучения методов наследования свойств он использовал графы и семантические отношения. Первые компьютерные реализации семантических сетей появились в конце 1950-х – начале 1960-х гг. в системах машинного перевода (Ричард Риченс, Маргарет Мастерман). Одной из основополагающих теоретических работ по семантическим сетям считается труд американского психолога Росса Куиллиана о «семантической памяти» [1].

В настоящее время аппарат семантических сетей всесторонне развит и достаточно широко используется в различных отраслях знания [2-9]. Вместе с тем, нетрудно заметить, что практически во всех проблемных областях он применяется главным образом для машинного перевода текстов с одного языка на другой и представления знаний в

компьютерных сетях. Такая чрезвычайно узкая сфера применения семантических сетей становится неприемлемой, поскольку ограничивает внедрение этого аппарата в создаваемые системы искусственного интеллекта.

Цель статьи заключается в том, чтобы показать, что, вводя специальную меру на семантических сетях, можно с помощью этого аппарата не только решать задачи представления знаний и машинного перевода, но и осуществлять оптимизацию решений, подобно тому, как это делается в математической теории оптимизации. Иными словами, будет показана эквивалентность аппарата семантических сетей и традиционной числовой математики и, по крайней мере, в части решения задач поиска оптимальных решений. При этом аппарат семантических сетей имеет то преимущества, что может оперировать как количественными, так и понятийными характеристиками.

Теоретические предпосылки. Обычно под принятием решения понимается выбор линий поведения в конкретной проблемной ситуации, которая соотносится с определенным критерием или совокупностью критериев. Такая достаточно узкая трактовка, характерная для операционных исследований и теории ожидаемой полезности, становится неприемлемой при системном подходе к анализу проблем. В системном-математическом понимании принятие решение – это многоступенчатый процесс оптимизации, включающий: а) концептуализацию задачи; б) генерацию вариантов решения; в) оценку вариантов решений; г) выбор предпочтительного варианта решения [10].

Орлова Дарья Евгеньевна – Воронежский институт ФСИИ России, адъюнкт, dasha_scorobogat@mail.ru.
Падалко Александр Васильевич – Воронежский государственный технический университет, аспирант.

Такое понимание процесса принятия решения наиболее полно отражает структуру мыслительной (интеллектуальной) деятельности человека и позволяет перейти к формализации указанных операций на основе использования аппарата семантических сетей.

Концептуализация задачи – это первый и наиболее ответственный шаг процесса принятия решения. Его суть заключается в определении компонентов решения, то есть тех параметров, значения которых должны быть определены по результатам принятия решения. На языке семантических сетей такое понимание концептуализации означает, что должны быть определены следующие компоненты: 1) термы сети $X_i (i = \overline{1, M})$ – аналоги аргументов оптимизируемых функций в традиционной математике; 2) возможные значения термов $x_j^i (i = \overline{1, M}; j = \overline{1, N_i})$ – аналоги значений аргументов упомянутых функций; 3) критерии, на основании которых предполагается осуществляться выбор предпочтительного варианта решения; 4) характер связей между термами сети; 4) области допустимых значений термов сети.

Генерация вариантов решения предполагает поиск допустимых вариантов решений, из числа которых выбирается наилучшее решение. Для этого предметную область, в рамках которой предполагается принятие решения, будем описывать семантической сетью следующего вида [10]:

$$\begin{aligned} & \left[(X_1)r(x_1^1 \vee, \dots, \vee x_{N_1}^1) \right] \wedge \\ & \dots \\ & \wedge \left[(X_i)r(x_1^i \vee, \dots, \vee x_{N_i}^i) \right] \wedge \quad (1) \\ & \dots \\ & \wedge \left[(X_M)r(x_1^M \vee, \dots, \vee x_{N_M}^M) \right], \end{aligned}$$

где r – отношение «принимать значение».

Эта сеть для i -го яруса читается следующим образом: «терм X_i , принадлежащий ярусу i , принимает одно из N_i значений: x_1^i или x_2^i или, ..., или $x_{N_i}^i$ ».

Таким образом, для формализованного описания понятия «решение» вводится M ярусная семантическая сеть, каждый ярус которой соответствуют одному из термов $X_i (i = \overline{1, M})$, а сами термы могут принимать по одному из $N_i (i = \overline{1, M})$ лингвистических или числовых значений.

Для генерации вариантов решений с помощью введенной сети введем ряд определений.

Определение 1. Любое синтаксически правильное выражение на семантической сети (2), выражающее какое-либо осмысленное утверждение, назовем синтагмой.

Примерами синтагм могут служить выражения $(X_1 r_2 x_2^1) \wedge [X_5 r_2 (x_1^5 \vee x_2^5 \vee x_3^5)]$ или $(X_1 r_2 x_1^1) \wedge (X_3 r_2 x_2^3)$.

Определение 2. Семантическую сеть (1), на каждом ярусе которой отсутствуют знаки « \vee », назовем полной синтагмой.

Иными словами, полная синтагма – это часть семантической сети, выделенная из нее путем назначения конкретных значений термов $X_i (i = \overline{1, M})$. Очевидно, что каждой полной синтагме $R_k [k = \overline{1, \dots, (N_1 \times N_2 \times \dots \times N_5)}]$ соответствует один из возможных вариантов решения R , описанный в объеме введенных термов и их значений.

Определение 3. Запрещенной назовем синтагму, в которой имеются недопустимые сочетания значений термов $X_i (i = \overline{1, M})$.

Недопустимость значений термов будем задавать матрицами вида $\|\lambda_{ij}^{km}\|$, где $\lambda_{ij}^{km} = 1$, если i -е значение k -го терма несовместимо с j -м значением m -го терма, и $\lambda_{ij}^{km} = 0$ в противном случае. Иными словами, единичное значение компоненты матрицы $\|\lambda_{ij}^{km}\|$ означает, что, если k -й терм принимает i -е значение, то m -й терм не может принимать j -е значение. При этом обратное утверждение не справедливо.

Определение 4. Допустимыми назовем полные синтагмы, в которых нет запрещенных синтагм.

С учетом введенных определений, допустимыми будут все варианты решений, описываемые сетью вида (1), в полных синтагмах которой, отсутствуют запрещенные простые синтагмы. Отсюда следует, что корректная реализация операции генерация альтернатив, как начальной стадии поиска решений на семантических сетях, сводится к поиску допустимых полных синтагм в выражении (1).

Оценка альтернатив. Для реализации этой операции введем величину $\rho(R_k, R_m)$, характеризующую степень близости двух решений R_k и R_m на сети (1), определив ее следующим образом:

$$\rho(R_k, R_m) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (1 - \Delta_i^{km}), \quad (2)$$

$$\text{где } \Delta_i^{km} = \begin{cases} 1 - \text{если } x_k^i = x_m^i; \\ 0 - \text{если } x_k^i \neq x_m^i. \end{cases}$$

Введенная мера (2) имеет достаточно простой смысл: чем меньше несовпадающих значений одноименных термов, тем в меньшей отличаются соответствующие этим термам решения, и, наоборот, чем меньше несовпадающих значений одноименных термов, тем в большей мере отличаются решения.

Нетрудно видеть, что такая мера удовлетворяет четырем аксиомам метрики. Действительно:

$$\begin{aligned} \rho(R_k, R_m) &> 0; \\ (R_k = R_m) &\rightarrow [\rho(R_k, R_m) = 0], \\ \rho(R_k, R_m) = 0; \quad \rho(R_k, R_m) &= \rho(R_m, R_k); \\ \rho(R_k, R_z) + \rho(R_z, R_m) &\geq \rho(R_k, R_m). \end{aligned}$$

С учетом введенной меры (2) из двух решений R_k и R_m лучшим будет то, у которого меньше величина $\rho(R_k, R_m)$.

Тогда для ранжирования решений введем следующее правило:

- первый (высший) ранг присваивается решению из числа допустимых, заданному полной синтагмой R_k , которое ближе всех находится к некоторому эталонному решению, заданному полной синтагмой E , или формально

$$R_I = \text{Arg } \min_{R_k \in P_{dop}} \rho(R_k, E), \quad (3)$$

где R_{dop} – множество допустимых решений;

- второй ранг присваивается решению из числа оставшихся, которое ближе всех находится к тому же эталону:

$$R_{II} = \text{Arg } \min_{R_k \in (P_{dop} - R_I)} \rho(R_k, E). \quad (4)$$

- Q -й ранг присваивается решению из числа оставшихся, которое ближе всех находится к тому же эталону:

$$R_Q = \text{Arg } \min_{R_k \in [P_{dop} - (R_I + \dots + R_{Q-1})]} \rho(R_k, E). \quad (5)$$

Эталонное решение E формулируется исходя из: а) имеющегося опыта решения подобных задач; б) в соответствии с указаниями, содержащимися в решении старшего руководителя; в) на основе использования положений различных регламентирующих документов.

Выбор альтернатив. В случае, когда есть одно эталонное решение E , выбор альтернативы очевиден: лучшим R^* считается решение с наивысшим рангом R_q ($q = \overline{1, Q}$)

м, то есть

$$R^* = \text{Arg } \min_{R_q = \overline{1, Q}} R_q. \quad (6)$$

Однако наибольший интерес представляют ситуации выбора альтернатив при нескольких эталонах E_1, \dots, E_H , когда вместо одного оптимального решения R^* , имеем матрицу ранжированных решений $\|R_{qj}^*\|$, где q – ранг решения ($q = \overline{1, Q}$), j – номер эталонного решения ($j = \overline{1, H}$).

В этом случае для выбора оптимального решения R^{**} из множества R_{qj}^* можно использовать следующие общеизвестные критерии [11,12], которые применительно к нашему случаю имеют следующий вид:

1. Критерий Вальда – «рассчитывай на худшее»:

$$R^* = \text{Arg } \min_{j=1, H} \left(\min_{q=1, Q} R_{qj} \right). \quad (7)$$

2. Критерий Сэвиджа – «рассчитывай на лучшее»:

$$R^* = \text{Arg } \max_{j=1, H} \left(\min_{q=1, Q} R_{qj} \right). \quad (8)$$

3. Критерий Лапласа – «ориентируйся на среднее»:

$$R^* = \text{Arg } \max_{j=1, H} \left(\frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q R_{qj} \right). \quad (9)$$

4. Критерий Гурвица – «исходи из компромисса»:

$$R^* = \text{Arg } \left[\begin{aligned} &\alpha \min_{j=1, H} \left(\min_{q=1, Q} R_{qj} \right) + \\ &+ (1 - \alpha) \max_{j=1, H} \left(\min_{q=1, Q} R_{qj} \right) \end{aligned} \right], \quad (10)$$

где $\alpha = \overline{0, 1}$ – коэффициент компромисса.

Закключение. Изложенные выше теоретические положения позволили разработать алгоритм интеллектуальной поддержки при-

нятия решений, построенный на базе аппарата семантических сетей.

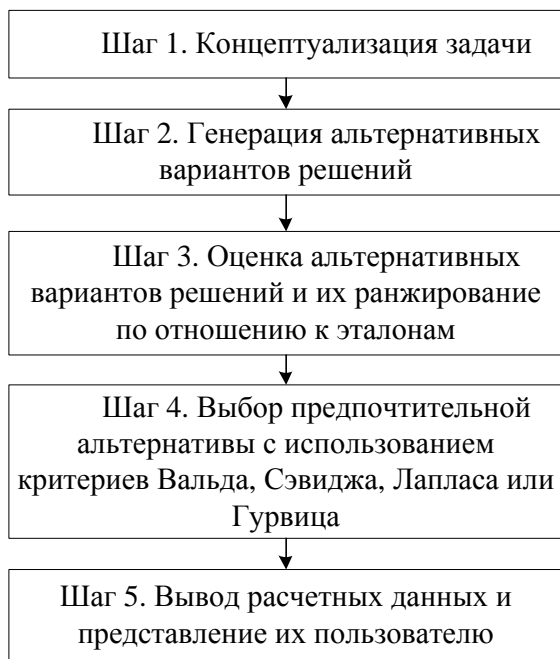


Рисунок 1. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений на базе аппарата семантических сетей

Согласно этому алгоритму, расчеты проводятся пошагово.

Шаг 1. Концептуализация задачи, состоящая в подготовке исходных данных относительно: термов сети $X_i (i = \overline{1, M})$, возможные значения термов $x_j^i (i = \overline{1, M}; j = \overline{1, N_i})$, критериев, на основании которых предполагается осуществляться выбор предпочтительного варианта решения; связей между термами сети; области допустимых значений термов сети; количества и содержания эталонных решений E .

Шаг 2. Генерация альтернативных вариантов решений путем поиска допустимых полных синтагм в выражении (1). При этом полнота генерации обеспечивается полным перебором всех термов сети и их возможных значений.

Шаг 3. Оценка альтернативных вариантов решений и их ранжирование по отношению к эталонам.

Шаг 4. Выбор предпочтительной альтернативы с использованием критериев Вальда, Сэвиджа, Лапласа или Гурвица.

Шаг 5. Оформление результатов расчетов в виде таблицы с пояснениями.

С точки зрения создания математико-программного инструментария интеллекту-

Укрупненная блок-схема такого алгоритма представлена на рисунке 1.

альной поддержки принятия решений при управлении в социальных и экономических системах можно выделить три неоспоримых преимущества аппарата семантических сетей. Во-первых, семантические сети обеспечивают быструю обработку информации, что дает возможность расширить набор аналитических операций, выполняемых в реальном режиме времени. Во-вторых, аппарат семантических сетей ориентирован на обработку не только количественных, но главным образом понятийных данных. Именно такие данные характерны для описания процессов принятия управленческих решений в социальных и экономических системах. В-третьих, семантическим сетям свойственна однородность, проявляющаяся в составе и конструкции элементов сети. Это обеспечивает возможность построения компьютерных моделей поддержки принятия решений на базе однотипных программных средств, что существенно ускоряет процесс их проектирования и реализации.

Дальнейшее развитие приложения аппарата семантических сетей для поддержки принятия решений связано с решением двух основных вопросов. Первым является вопрос о том, способен ли этот аппарат обеспечить поддержку принятия конфликтных решений. Речь идет о выборе эталонных решений E в условиях, когда их параметры противоречат друг другу и необходимо изыскивать механизмы урегулирования этих противоречий. Второй вопрос связан с необходимостью учета психологических факторов при принятии управленческих решений. Частично этот вопрос решается выбором подходящего критерия выбора альтернативы (7)-(10). Однако при этом не учитываются механизмы принятия интуитивных решений, которые, как известно, играют не малую роль в процессе управления в сложных слабо формализуемых областях человеческой деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люггер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Джордж Ф. Люггер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 864 с.
2. Каширин И. Ю. Автоматизированный анализ деятельности предприятия с использованием семантических сетей /

- И. Ю. Каширин. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013. – 102 с.
3. Башмаков А. И. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 304 с.
4. Лахно А. П. Визуализация связей выделенного множества объектов семантической сети / А. П. Лахно. – М.: Синергия, 2010. – 909 с.
5. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э. Майника. – М.: Синергия, 1981. – 679 с.
6. Элти Дж. Экспертные системы: концепции и примеры / Дж. Элти, М. Кумбс. – М.: Мир, 1987. – 340 с.
7. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
8. Осипов Г. С. Инструментарий для экспертных систем. Технология SIMER + MIR / Г. С. Осипов // Программные продукты и системы. – 1990. – № 3.
9. Маннинг К. Д. Введение в информационный поиск / К. Д. Маннинг, П. Рагхан, Х. Шютце; пер. с англ.; под ред. П. И. Браславского, Д. А. Ключина, И. В. Сегаловича. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2011. – 528 с.
10. Новосельцев В. И. Теоретические основы системного анализа / В. И. Новосельцев, Б. В. Тарасов; изд. 2-е, испр. и перераб.; под ред. В. И. Новосельцева. – М.: Майор, 2013. – 536 с.
11. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений / О. И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 176 с.
12. Орлов А. И. Теория принятия решений: учебник / А. И. Орлов. – М.: Экзамен, 2006. – 573 с.

USING THE SEMANTIC NETWORK APPARATUS FOR INTELLIGENT DECISION SUPPORT

© 2020 D. E. Orlova, A. V. Padalko

*Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia (Voronezh, Russia),
Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)*

The article deals with the theoretical issues of using the semantic network apparatus for intellectual decision support. Basic components of decision-making: conceptualizing the problem; generate solutions; evaluate solutions; select the preferred solution. The semantic networks are used to formalize these components. The algorithm of intellectual decision support developed on the basis of the semantic networks apparatus is presented.

Keywords: semantic network, world, solution, generation, analysis, choice, algorithm.