

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ ЗНАНИЙ

П. А. Анисимов, О. В. Поздеева

Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко, г. Тирасполь

Дано формальное определение организационной системы и приведена основная парадигма ее функционирования и развития. Предложена модель формализованных знаний. Обсуждены базовые отношения между моделями организационной системы и знаний.

ВВЕДЕНИЕ

Научные и практические достижения в сфере управления, компьютеризации и информатизации подготовили почву для перехода в информационное (постиндустриальное) общество, в котором деятельность функциональных органов (людей и коллективов) организационных систем (ОС) базируется, главным образом, на знаниях.

В этой связи утверждение, что *любая организационная система функционирует и развивается пока и поскольку она опирается на знания*, можно рассматривать как парадигму ОС.

Возникающие теоретические и практические задачи обуславливают необходимость построения и исследования моделей ОС и знаний. В данной работе рассматриваются конституциональные основы ОС, алгоритмы их функционирования и управления, а также процессы развития и самоорганизации ОС. Обсуждаются некоторые базовые модели ОС и знаний и отношения между ними.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Определение 1. Под системой понимается конструкция вида

$$S = \langle N, R \rangle, \quad (1)$$

где $N = \{A_i\}$ — семейство множеств A_i , $i \in I$, $I = \{1, 2, \dots, n\}$, $R = \{R_j\}$ — множество отношений, заданных на декартовом произведении

$$R_j \subseteq A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n = \prod_{i=1}^n A_i, \\ j = J, \quad J = \{1, 2, \dots, m\}.$$

Каждое отношение R_j описывает определенный аспект системы. Если $m = 1$, то имеет место одноаспектная система. При $m > 1$ говорят о многоаспектной (m -аспектной) системе.

Пусть $U = \langle N', R' \rangle$ — некоторая система, такая что $N' \subseteq N$, а R' — определено на декартовом произведении множеств из N' .

Определение 2. Каждая из систем U_k с $N'_k \subseteq N$ и R'_k , определенных на семействе N'_k , называется подсистемой системы $S = \langle N, R \rangle$, если она изоморфно вложима в S .

Обозначим через e^* некоторый актор. *Актор* — это лицо, принимающее решение (ЛПР), человек-оператор или техническое устройство, осуществляющее функции целеполагания и управления, а также коммутативную функцию (функцию общения). Субактором e или агентом называется актор, реализующий цели и средства достижения целей, имеющие экзогенное происхождение.

Определение 3. Моделью актора (субактора) является конечный автомат, представляющий собой свертку сети автоматов посредством применения к ней элементарных операций: \cup (объединение), \cap (пересечение), \times (прямое произведение), \otimes (суперпозиция), $+$ (суммирование), \circ (композиция).

Пусть E — множество, содержащее акторы и агенты. Если оно содержит один и только один актор e^* , то множество $E = E - \{e^*\}$ называется окружением актора e^* и обозначается Y^{e^*} . В общем случае не исключено, что $Y^{e^*} = \emptyset$. По отношению к актору e^* , окружение Y^{e^*} является функциональным объектом, поддерживающим его деятельность.

Определение 4. Множество E называется структурированным, если оно содержит α , $\alpha \geq 1$, акторов и установлена система отношений R_e ,

идентифицирующая окружения Y_i^e и взаимодействия между семействами акторов $\{e_{i_1}^*, \dots, e_{i_k}^*\}$, $i, i_1, i_k \in I_e, I_e = \{1, 2, \dots, \alpha\}, k < \alpha, k - \text{var}$.

Будем полагать, что множество E входит в состав системы S и C — некоторое целевое множество, не противоречащее миссии R_* с определенными на нем отношениями R_c .

Определение 5. Множество E называется целеустремленным, если существует множество C относительно системы S такое, что каждому элементу $e^* \in E$ поставлено в соответствие некоторое подмножество $C_e \subseteq C$ и $\bigcup_{e^* \in E} C_e = C$.

Каждый элемент $e \in E$ имеет персонифицированное целевое множество \tilde{C} относительно S , такое, что $C \cap \tilde{C} \neq \emptyset$ и $C_e - C_e \cap \tilde{C}$ не обязательно пусто. Генераторами целей $C \in \tilde{C} - \tilde{C} \cap C$ являются акторы и агенты. Персонифицированные цели и средства их достижения могут противоречить целевой системе C . Поэтому любой агент должен рассматриваться как потенциальный актор.

Определение 6. Система U называется активной целеустремленной, если в ее состав входит множество E , удовлетворяющее определениям 4 и 5.

Пусть множество E содержит один и только один элемент e^* и входит в состав системы U . Тогда Y^e — окружение e^* . Часть U_1 системы U , построенная на множестве Y^e , является обслуживающей системой.

Определение 7. Системой управления называется система, в состав которой входит элемент e^* или e .

Определение 8. Система (1) называется *организационной*, если существуют две ее подсистемы U и W с множествами $N_U, N_W, N_U \subseteq N, N_W \subseteq N$ и отношениями R_U, R_W , определенными на N_U и N_W , такие, что:

- подсистема U является активной, целеустремленной, управляющей, относительно S , системой;
- каждая из подсистем U и W изоморфно вложена в систему S ;
- композиция из подсистем U и W эквивалентна системе S , т. е. $U \circ W = S$.

Подсистему W принято называть объектом управления.

Определение 9. Система (1) называется полиантропоцентрической, если:

- в состав S входит множество $E^* = \{e_i^*\}$, $E^* \subseteq E$, $\text{card} E^* > 1$, активных элементов;
- акторы $e_i^* \in E^*$ образуют множества $U = \{U_i\}$, $W = \{W_i\}$ систем управления и объектов

управления, т. е. $(\forall e_i^* \in E^*)[(\exists U_i \subseteq S) \& (\exists W_i \subseteq S) \& (\exists Y_i^e \subseteq E)]$;

- поведение каждого актора e_i^* регламентировано и подчинено общей для S целевой системе C ;
- на множестве E^* установлена система отношений, описывающая взаимодействия акторов e_i^* и удовлетворяющая целевой системе C ;
- для каждого i пара (U_i, W_i) образует организационную систему S_i , обладающую такими же общесистемными характеристиками, как и система S ;
- композиция систем S_i эквивалентна системе S , т. е. $\circ_i S_i = S$.

Утверждение 1. Любая организационная система является либо антропо-, либо полиантропоцентрической.

В дальнейшем будем рассматривать организационные системы, не акцентируя внимание на их принадлежности к антропо- или полиантропоцентрическим классам.

Обозначим через $\Gamma = \{\gamma\}$ конечное множество попарно различных способов (моделей) взаимодействия акторов (см. определение 4).

Заметим, что в системе S не исключается наличие областей пересечения $\tilde{W} = \bigcap_i W_i, \tilde{Y}_e = \bigcap_i Y_i^e, \tilde{U}_1 = \bigcap_i U_{1i}$, называемых, соответственно, корпоративным объектом управления, корпоративно-функциональным объектом и корпоративной обслуживающей системой.

Кроме того, система S может иметь две составляющие: одна представляет реальный мир RW , населенный акторами, агентами и физически реализованными артефактами; другая — виртуальный мир VW с областью $(VW)' \subseteq VW$, населенной компьютерно-реализованными артефактами (вирусами, агентами, компьютерными роботами, популяциями и ассоциациями артефактов и т. д.). Другими словами, объективно существует некоторая модель M_{OC} организации ОС.

Утверждение 2. Тип организационной системы (иерархическая, децентрализованная, фрактальная, холоническая и т. д.) полностью определяется четверкой (E, Γ, C, M) .

Из определений 6—9 следует, что ОС представляет собой большую систему многосвязного регулирования. Это утверждение удовлетворяет управленческой парадигме мира [1]: “Все существующие в мире структуры поддерживаются (сохраняются) пока и поскольку их поддерживают (сохраняют) соответствующие им регуляторы обратной связи, при этом наблюдаемые флуктуации (присущие



всем величинам), есть не что иное, как *ошибки* этого регулирования (в смысле теории регулирования)”.
 Возможность математического описания организационной системы любого типа декларируется принципом 100%-ной эффективности математики [1], которая на языке логики высказываний (предикатов) может быть записана в виде выражений:

$$(\forall S_m \in S)(\exists m \in M)(f: S_m \rightarrow m) \& (t_S \leq t^*),$$

$$(\forall m_i \in M)(\exists S_j \in S)(\phi: m_i \rightarrow S_j) \& (t_j \leq t^*),$$

где $S = \{S_j\}$ — множество материальных (виртуальных) объектов или систем, $M = \{m_i\}$ — множество математических моделей, f, ϕ — отображения, принадлежащие к семействам Φ, F ; t — точность, t^* — заданная точность.

Из богатого разнообразия математических моделей, потенциально применяемых для ОС, центральное место, по-видимому, принадлежит следующим классам:

- модели, описывающие динамику событий в ОС;
- модели сценариев действий и поведения акторов и агентов, а также развития ситуаций в ОС;
- модели принятия решений;
- модели обработки и управления потоками данных и знаний.

ЗНАНИЯ. МОДЕЛИ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ ЗНАНИЙ

Проблеме знаний, их роли в ОС посвящены многие оригинальные и обзорные работы (см., например, работу [2] и библиографию к ней).

В настоящей работе обсуждается один из возможных подходов определения формализованных знаний.

Пусть Q — некоторая область реального или виртуального мира, содержащая множества сущностей $\tilde{H} = \{\tilde{h}_i\}$ и отношений $\tilde{R} = \{\tilde{R}_j\}$, $i \in I, j \in J$, $I = \{1, 2, \dots, n\}$, $J = \{1, 2, \dots, m\}$ между ними.

Определение 10. Знанием называется модель P области Q (модель предметной области), задаваемая отображением

$$G: Q \rightarrow P \text{ или } G: \langle \tilde{H}, \tilde{R} \rangle \rightarrow \langle H, R \rangle.$$

Здесь H и R означают, соответственно, сущности и отношения между ними в модельном представлении. В дальнейшем вместо термина “модель предметной области” будем писать “предметная область”.

Утверждение 3. Всякой предметной области P может быть поставлен в соответствие некоторый (ориентированный или неориентированный) граф, вершинами которого являются сущности, а дугами (ребрами) — отношения.

Более общая форма представления знаний состоит в следующем.

Пусть L — некоторый язык и D — множество синтаксически правильных предложений на языке L .

Обозначим через $\tilde{D} = \{d_i\}$, $i = 1, \dots, k$ — неупорядоченное множество предложений относительно Q .

Определение 11. Семантически упорядоченным множеством D называется такая перестановка из k предложений d_i , $D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ik}\}$, которая имеет точно выраженный смысл. Любое подмножество $D_i \subseteq D$ называется контекстом D . В дальнейшем будем рассматривать только семантически упорядоченные множества и их контексты.

Определение 12. Суждением называется семантически упорядоченное подмножество $D_i \subseteq D$, описывающее множество эксплицированных отношений R предметной области P .

Определение 13. Частичным знанием о некоторой области Q называется семантически упорядоченное множество $D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ik}\}$, $D_i \subseteq D$, предложений (т. е. суждение), описывающее определенный аспект (фрагмент) ее предметной области P .

Понятие *частичное знание о Q* будем отождествлять с термином *частичная модель области Q* .

Пусть X — подмножество R , называемое фрагментом или аспектом, \tilde{X} — семейство попарно различных подмножеств X (т. е. $\forall (i, j), X_i \cap X_j = \emptyset$) такое, что $\bigcup_{X_i \in \tilde{X}} X_i \equiv R$. Обозначим через P_X частичную модель области Q , тогда имеет место

Утверждение 4. Предметная область P может быть представлена как композиция ее частичных моделей P_X , т. е. $P = \bigcirc_{X_i \in \tilde{X}} P_X$.

Если на выбор X не наложено каких-либо ограничений, то в общем случае P_X определяется рекурсивно.

Если теорию графов рассматривать как язык, то утверждение 3 есть частный случай утверждения 4. Очевидно, что это положение справедливо для любых естественнонаучных теорий. Использование для предметной области P разных языков порождает различные классы моделей. Например:

L — естественный язык,

P — вербальная модель;

L — язык алгебры логики,

P — логическая модель;

L — система аксиом,

P — аксиоматическая модель и т. д.

Пусть $P(L_1)$ и $P(L_2)$ — две модели, описывающую одну и ту же область Q на языках L_1 и L_2 .

Определение 14. Отображение G_{LL} называется трансляционным тогда и только тогда, когда

$$G_{LL}: P(L_1) \rightarrow P(L_2).$$

В классе трансляционных отображений отображения G_{LL} могут быть одно- и многоходовыми.

Многоходовые отображения иллюстрирует следующий

Пример. (Трансляция знаний с естественного языка на язык многосортной логики первого порядка [3]).

Пусть D_i — семантически упорядоченное множество предложений d_j , записанных на естественном (русском) языке. Например, d_1 : каждая деталь должна сначала пройти фрезерование торцов, а затем токарную обработку и т. д. Требуется представить D_i в виде модели M_L многосортной логики первого порядка.

Общая структура модели M_L имеет вид:

$$M_L = \langle N, \Sigma \rangle, \quad (2)$$

где N — носитель, а Σ — сигнатура модели.

Носитель N — это множества содержательно интерпретируемых объектов, например: Деталь, Станок, Операция, Время, ТипДетали, ТипСтанка и т. д.

Сигнатура Σ задается множеством функций g и предикатов p , определенных на декартовых произведениях множеств A_i из N , т. е.

$$\Sigma: \begin{aligned} g: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n &\rightarrow B \\ p: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n &\rightarrow T \end{aligned}$$

где A_i, B — сорта объектов из N , T (истина), $B \neq T$.

Построение логической модели со структурой (2) заключается в идентификации D_i , т. е. выборе некоторой логической формулы D' , интерпретируемой в терминах предметной области. Идентификация опирается на систему широко известных правил, позволяющих сформировать термы, атомы и формулы.

На модель M_L часто накладывается следующее ограничение: она должна иметь вид $D' = (d'_1, d'_2, \dots, d'_k)$, где $d'_j, j = 1, 2, \dots, k$ — дизъюнкты, содержащие только литералы, зависящие, возможно, от индивидуальных переменных X_r и функций от них, а символ “ \wedge ” означает операцию конъюнкции. Поэтому трансляция $G_{LL}: D_i \rightarrow D_j$ осуществляется в несколько этапов, основные из них декларируются схемой

$$D_i \xrightarrow{g_1} D_i^{(1)} \xrightarrow{g_2} D_i^{(2)} \xrightarrow{g_3} D_i^{(3)} \xrightarrow{g_4} D_i^{(4)} \xrightarrow{g_5} D_i^{(5)} \equiv D'_i.$$

Таким образом, $G_{LL} = \circ_{i=1}^5 g_i$, где “ \circ ” — символ композиции операций (операторов).

Поясним содержание (имена) операций.

Трансформация (g_1). Отображение $g_1: D_i \rightarrow D_i^{(1)}$,

где $D_i^{(1)}$ — описание D_i на естественном языке, пополненное индивидуальными переменными, функциями g_i и предикатами p_i . Например, приведенную выше фразу d_1 можно переписать так:

$d_1^{(1)}$: для каждой детали x существуют операции y и z , такие, что конец операции y наступает не позже начала операции z , операция y — фрезерование торцов, z — токарная обработка и в обеих операциях участвует одна и только одна деталь x .

Формализация (g_2). Замена текстов типа $d_1^{(1)}$ формулами; для фразы $d_1^{(1)}$ формула будет иметь вид:

$$\begin{aligned} &(\forall x \in \text{ДЕТАЛЬ})(\forall y, z \in \text{ОПЕРАЦИЯ}) / \\ &[(\text{кон}(y) \leq \text{нач}(z)) \wedge (\text{дет}(y) = x) \wedge (\text{дет}(z) = x) \wedge \\ &\quad \wedge \text{фрез_торц}(y) \wedge \text{ток_обр}(z)], \quad (3) \end{aligned}$$

где структура $\langle \text{имя} \rangle$ ($\langle \text{переменная} \rangle$) описывает либо функцию, либо константу, либо предикат.

Стандартизация (g_3). Приведение формул $D_i^{(2)}$ к пренексной нормальной форме: $\mathcal{A}_1 x_2 \dots \mathcal{A}_n x_n$

$D_i^{(3)}$, где $\mathcal{A}_s = \{\forall, \exists\}$, $D_i^{(3)}$ — матрица (бескванторная логическая формула) в конъюнктивной нормальной форме. Преобразование g_3 осуществляется с помощью известных тождеств логики предикатов [4].

Сколемизация (g_4). Исключение в формулах типа (3) квантора \exists , в итоге формируется структура, содержащая только кванторы \forall .

Удаление кванторов \forall (g_5). Итог этой заключительной операции — формула D'_i .

Отображение G_{LL} не может существовать для любых произвольных пар языков (L_1, L_2) , но оно всегда, согласно принципу 100%-ной эффективности, имеет место, когда один из них естественный, а другой — язык математики.

В моделях формализованных знаний (теоретических, прикладных и практических) отображение G играет центральную роль. Однако его структура и содержание (особенно в двух первых классах моделей, перечисленных ранее) не всегда формализовано, скорее оно почти всегда носит персонифицированный характер. Используя принятую в искусственном интеллекте терминологию, его можно рассматривать как оператор логического вывода.

В теоретических моделях знаний исследуются сущности \tilde{H} и отношения между ними \tilde{R} (реального или виртуального мира) и строятся их образы (модели) H и R . Переход от (\tilde{H}, \tilde{R}) к (H, R) , т. е.



отображение G , опирается на методологическую базу теории T , к которой относятся знания, и почти всегда заранее неизвестно. Аналогичная картина имеет место для прикладных знаний. Системы искусственного интеллекта (основанные на инструктивных знаниях, автоматическом доказательстве теории, автоматическом гипотезировании, рассуждениях по аналогии и др.) используют практические знания, представленные логическими, продукционными, сетевыми и другими моделями [3], где отображение G явно или неявно имеет формализованные и структуру, и содержание.

Определение 15. Теорией T называется открытая абстрактная система (1) с носителем N , образованного фракталами $\Phi = \langle H, R \rangle$ [2], каждый из которых представляет собой теорию T_Φ , аналогичную T .

Утверждение 5. Любая теория T , T_Φ является частичным знанием и представляет виртуальный мир VW .

Объектами исследования в теории T являются

помеченные фракталы $\tilde{\Phi}$ реального или виртуального миров.

Пусть Z_1 и Z_2 — семейства формализованных и неформализованных знаний.

Определение 16. Открытая система (1) с носителем N , представленным семействами Z_1 и Z_2 , называется синтетической системой знаний.

Утверждение 6.

Любая синтетическая система знаний существует тогда и только тогда, когда она является организационной системой знаний;

любой организационной системе, согласно парадигме ОС (см. Введение), можно поставить в соответствие синтетическую систему знаний.

Из утверждения 6 следует, что любая ОС должна включать в себя, в качестве своей подсистемы,

организационную систему знаний, содержащую объект (в мире RW) и орган (в мире VW) управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтетическая система знаний — неотъемлемый и важнейший компонент современной организационной системы, и с течением времени ее значение будет возрастать. Поэтому представляют теоретический и практический интерес задачи построения сценариев и моделей операций над знанием, охватывающих весь его жизненный цикл: включение в систему — развитие (эволюция, генерация новых знаний, трансформация) — старение — удаление (гибель), а также задачи функционирования, моделирования и управления такой системой. В совокупности они составляют перспективное направление исследований, продвижение в котором требует ряда последовательных шагов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутковский А. Г. О единой геометрической теории управления // Проблемы управления. — 2003. — № 1. — С. 8—12.
2. Тарасов В. Б. Интеллектуальные предприятия и управление знаниями: на пути к синергетическому искусственному интеллекту // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Тр. IV междунар. конф. — Самара: Самарский научный центр РАН, 2002. — С. 180—191.
3. Искусственный интеллект. Справочник. Кн. 2. Модели знаний / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990.
4. Ефимов Е. И. Решатели интеллектуальных задач. — М.: Наука, 1982.

☎ (373-533) 7-94-78

E-mail: tdsu22@idknet.com



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Журнал "ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ" входит в Перечень периодических научных изданий, рекомендуемых ВАК для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание докторских диссертаций.