



Л.М. Лукьянова

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИЗА И ПОЛАГАНИЯ ЦЕЛЕЙ
В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ**

Предложена семиотическая модель рассуждений о целях, способствующая корректному анализу и полаганию целей.

28

Semiotic model for inference of purposes in complex systems is suggested. It allows simulate analysis and setting purposes correctly.

Введение

Организационно-технические комплексы (ОТК) производственной сферы отличаются сложностью и неопределенностью складывающихся в них ситуаций. Наиболее эффективным средством выработки и принятия решений в таких случаях является системный анализ. Однако существующие методы системного анализа не всегда обеспечивают корректность его результатов.

Невысокое качество результатов системного анализа ОТК обусловлено недостаточной конструктивностью логической составляющей данной методологии что приводит к невязкам, выявляемым в процессе реализации решений, к затратам на устранение противоречий и несогласованностей в исполнительных планах, несвоевременному их выполнению. В производственной же сфере затраты часто оказываются слишком высокими [1].

Важным условием выработки согласованных решений в ОТК являются логически правильный анализ и полагание целей. Структуры целей как результаты указанных процессов служат логическими основаниями синтеза систем целедостижения [2], а значит, ошибки в них, возникающие из-за зависимости целеполагания от неформализуемых факторов, таких, как мировоззрение субъектов, системы их ценностей, интуиция, генетические программы, эмоциональный фон, требуют первоочередного устранения. Это заставляет искать средства формализации целеполагания, хотя бы частичной.

В результате анализа методов системного анализа и эмпирического материала по целям ОТК была выдвинута гипотеза частичной формализации целеполагания посредством «имитационного» моделирования. Специфика такой «имитации» заключается в настройке модели на анализируемые субъектом цели, проверке допустимости применения в текущих ситуациях на целях выбранных им стратегий анализа и в случае возможности таковых проверке правильности полагания человеком «подцелей» при их применении. Собственно «имитация» — это вывод возможных логически правильных «подцелей» при обнаружении ошибки их полагания и диалоговое исправление ошибок целеполага-



ния. При этом процесс анализа и полагания целей переводится с субъективного на субъективно-объективизированный уровень и способствует повышению качества не только структур целей, но и результатов системного анализа в целом.

Логико-лингвистическое моделирование рассуждений о целях

Классификация методов структурирования целей [3] способствовала выбору класса наиболее адекватных методов для реализации имитационного моделирования целеполагания. Этот класс характеризуется частичной формализацией языков описания целей и их структур и формальными правилами анализа. Обоснованием такого выбора послужили недостаточная изученность и зависимость целеполагания от неформализуемых факторов наряду со сложностью формулировок целей ОТК, что не позволяет полностью передать анализ и полагание целей «машине». В то же время «ручное» моделирование в силу свойств психики не застраховывает от ошибочности в его результатах. Поэтому целесообразны именно человеко-машинный анализ и полагание целей — осуществление на основе непротиворечивых базовых знаний об ОТК и логически правильного рассуждения об анализируемых целях и полагаемых «подцелях» «машинной» поддержки субъективной реализации указанных процессов, в которых человек нередко полагает логически неправильные «подцели». Такая поддержка заключается в моделировании рассуждений о целях (рис.).

29

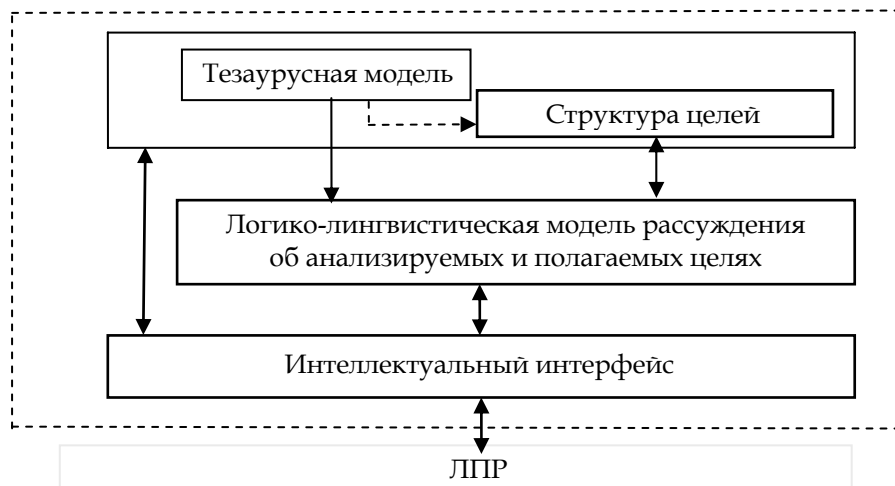


Рис. Концептуальная модель анализа и полагания целей

Непротиворечивость целеполагания ситуационно зависит от прагматико-семантического компонента целей и отношений между ними, поэтому используемые средства должны быть самоперестраивающимися. Этим требованиям в полной мере отвечает подход ситуационного управления и семиотическая система [4], формальная семантика которой построена в работе [5].



Семиотическую систему S как основу логико-лингвистической модели рассуждений об анализируемых и полагаемых целях зададим тройкой компонентов:

$$S = \langle S_k, \Phi_{T,B,A,P}, M \rangle, \quad (1)$$

где S_k — подсистема анализа «куста» целей, $S_k = \langle T, B, A, P \rangle$: T — множество базовых символов, B — множество синтаксических правил, применение которых к элементам из T позволяет получать множество правильно построенных формул (ППФ); A — множество аксиом (некоторое подмножество ППФ); P — множество правил вывода, применение которых к аксиомам или ППФ позволяет получать новые ППФ; $\Phi_{T,B,A,P}$ — множества правил $\Phi_T, \Phi_B, \Phi_A, \Phi_P$, применение которых к соответствующим множествам T, B, A, P приводит к их изменению: эволюции языка системы (T, B), модификации системы (A), адаптации системы (P); M — модель базовых тезаурусных знаний об анализе и полагании целей в некотором секторе производственной сферы.

Подсистема S_k определяет язык (компоненты T, B), дедуктивную систему (компоненты T, B, P) и аксиомы A , выражающие семантику определяемых закономерностями анализа и полагания целей отношений в «кусте» целей, и поэтому может трактоваться как *элементарная теория* системы S . Для изменения этой теории (ее языка, аксиом, правил вывода) в системе S предусмотрен механизм $\Phi_{T,B,A,P}$ смены подсистем S_k при изменении ситуации на целях, определяемой текущим «кустом» — анализируемой целью и ее «подцелями». При этом открытость S реализуемая, в частности, за счет выделения тезаурусной модели M предметной области, облегчает настройку системы на соответствующий сектор производственной сферы и придает ей гибкость.

Опираясь на базовые знания об ОТК и закономерности анализа и полагания целей, можно моделировать дискурсивные рассуждения, соответствующие субъективным рассуждениям о них, анализируя вторые рассуждения на основе первых. Настраиваясь на рассуждение человека путем комбинирования элементов базовых знаний о секторе производственной сферы, логико-лингвистическая модель при обнаружении ошибки человеческого целеполагания имитирует логически правильный с точностью до таких знаний анализ и полагание целей.

Для осуществления рассуждений об элементах анализируемого «куста» структуры целей, состоящего из цели c_α и подчиненной ей $(n-1)$ -ки целей $\langle c_{\beta^1}, c_{\beta^2}, \dots, c_{\beta^{n-1}} \rangle$ использовалась *Gi Ни-D3*-логика утилитарных оценок [6], применение которой в S обусловлено создаваемой ею возможностью увязки результата деятельности ОТК со средствами его осуществления. Увязка основывается на понятии «ценность», снимающим противопоставление цели («цели-результата») «подцелям» («целям-средствам»), причем первому приписывается абсолютная, а вторым — утилитарная ценность.

Построим S , определив каждый ее компонент. В качестве T зададим счетное множество $T = T_1 \cup T_2 \cup T_3 \cup T_4$, в котором термы T_i выра-



жают семантику фраз f_{ij} предложений-целей c_i , описанных в языке представления целей L_c [7]. При использовании c_i в S они преобразуются в суждения, в общем случае — в импликативные формулы, антецеденты которых есть конъюнкции фраз с ролями «средство», а консеквенты — фразы с ролью «результат». Термы T_2 — это множество имен семантических отношений cR , под которыми понимаются пары $\langle I_q, R_q \rangle$, где $I_q \in I$, I — множество имен отношений, определяемых закономерными связями целей в некотором ОТК, в качестве которых используются имена отношений подчинения, сопоставимости и полноты целей в кустах их структур [3], а отношение $I_q(f_{ij}, f_{ks}, \dots, f_{pt}) \in {}^cR$, если и только если предикат P_q принимает значение «истинно» в соответствии с моделью M . Поскольку в отличие от классической логики n -местное семантическое отношение cR есть $(n+1)$ -местный объект, первый компонент которого — имя — выступает в роли предметной переменной, то это позволяет использовать имена отношений cR в формулах первой ступени как в качестве свободных, так и связанных переменных.

Термы T_3 интерпретируются как функциональные символы. Семантика термов T_4 — та же, что в пропозициональном и функциональном исчислениях, а также в логике оценок [6], при этом используемая в языке L_c целевая модальность в S интерпретируется как «добро».

Синтаксические правила B задают в S множество ППФ — $B = B_1 \cup B_2$, где B_1 — ППФ *Gu Hu-D3*-логики, а B_2 определяют ППФ собственной части S следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{ППФ} &\rightarrow I_s(D_1, D_2, \dots, D_r); \quad \text{ППФ} \rightarrow \forall f_{ij} \text{ ППФ}; \quad \text{ППФ} \rightarrow \exists f_{ij} \text{ ППФ}; \\ \text{ППФ} &\rightarrow \neg \text{ППФ}; \quad \text{ППФ} \rightarrow \text{ППФ} \wedge \text{ППФ}; \quad \text{ППФ} \rightarrow \text{ППФ} \vee \text{ППФ}; \\ D_k &\rightarrow f_{ij}(f_{ij} \in T_1); \quad D_k \rightarrow F_t(f_{ij}, f_{ks}, \dots, f_{pt}). \end{aligned}$$

Всякое знакосочетание является ППФ только в силу перечисленных правил.

Множество аксиом A включает неизменяемую часть 1A — полное множество аксиом *Gu Hu-D3*-логики (содержащее наряду со множеством аксиом пропозициональной логики, аксиоматические утверждения логических теорий изменения, частичного причинения и абсолютных оценок), к которым присоединим изменяемую аксиому ${}^{21}A$. $\neg u(f_{ij}) \vee \exists f_{ij} u(f_{ij})$ и множество переменных аксиом ${}^{22}A$, также меняющих свое содержание на каждом шаге анализа и полагания целей: ${}^2A = {}^{21}A \cup {}^{22}A$, $A = {}^1A \cup {}^2A$.

Аксиома ${}^{21}A$ означает, что для объекта, описываемого j -й фразой f_{ij} предложения-цели c_i , и выражения $u(f_{ij})$, в котором f_{ij} не связана кванторами, имеет место либо ложное выражение $u(f_{ij})$, либо истинное выражение $\exists f_{ij} u(f_{ij})$. Схемы аксиом ${}^{22}A$ имеют вид

$${}^{22}A1. \quad Gf_{ij},$$

$$^{22}A2. \exists f_{r_1} \exists f_{r_2} \dots \exists f_{r_{a+d+1}} I_{s_1}(f_{r_1}, f_{r_2}, \dots, f_{r_a}) \wedge \dots \wedge I_{s_e}(f_{r_{a+d+1}}, f_{r_{a+d+2}}, \dots, f_{r_{a+d+1}}),$$

$$^{22}A3. F_1 : \neg(A_2 \wedge \neg A_1),$$

$$F_2 : \neg(A_3 \wedge \neg F_1),$$

...

$$F_n : \neg(A_{n+1} \wedge \neg F_{n-1}),$$

где A_i ($i \in 1(1)(n+1)$) — аксиомы вида $^{22}Aj, j = \{1, 2\}$.

Для множества 2A характерно свойство ситуативности: представляющие их формулы становятся аксиомами в тех или иных возможных мирах модели S . Так, аксиома $^{22}A1$ описывает цель c_i (целевую фразу предложения-цели), исходную для каждого шага анализа и полагания целей. Истинность формулы вида $^{22}A1$ постулируется в рассматриваемой ситуации тем, что цель, которую она представляет, в организационно-техническом комплексе определена директивно.

Формулы вида $^{22}A2$ интерпретируются как семантические отношения, имеющие место между фразами пары целей $\langle c_1, c_2 \rangle$ («цель-«подцель»»), $\langle c_{2^1}, c_{2^p} \rangle$ (««подцель 1»-«подцель p » > цели c_1) или $(n-1)$ -ки $\langle c_{2^1}, c_{2^2}, \dots, c_{2^{n-1}} \rangle$ «подцелей», подчиненных цели c_1 . Данные формулы становятся аксиомами при подстановке в них лишь таких имен I_{s_k} , индексы которых $s_1, s_2, \dots, s_e, k \in 1(1)e$ образуют некоторые фиксированные наборы, определяемые базовыми знаниями об ОТК.

В формулах вида $^{22}A3$ утверждается ложность результатов конъюнкции формул вида $^{22}A2$ при ложности одного из конъюнктов, имеющих место в предыдущей ситуации.

Вывод в «кусте» целей реализуется логико-лингвистической моделью в двух направлениях (вертикальном и горизонтальном), поэтому он включает следующую последовательность частных выводов:

$$c_1 \Rightarrow c_{2^1}, c_1 \Rightarrow c_{2^2}, c_{2^1} \Rightarrow c_{2^2}, \dots, c_1 \Rightarrow c_{2^{n-1}}, c_{2^1} \Rightarrow c_{2^{n-1}},$$

где « \Rightarrow » — знак выводимости, т. е. для всех «подцелей», кроме первой, после установления ее истинности в соответствующей вертикальной цепочке целей проверяется ее «горизонтальная» выводимость, и лишь в случае выполнимости данная «подцель» считается выводимой в S .

Следуя работе [5], введем понятие состояния S . Функционированием системы будем считать процесс установления выводимости формул, шагом функционирования — период между выводом предыдущей и последующей формул, а тактом — период между выводом первой и последней «подцели». Состоянием системы S будем называть такт ее функционирования (или последовательность тактов), в течение которого множества T, B, A, P неизменны. Таким образом, с каждым состоянием S однозначно связана некоторая формальная система $S_k = \langle {}^kT, {}^kB, {}^kA, {}^kP \rangle$, которую будем называть формальной подсистемой системы S . Смена состояний S — это смена ее формальных подсистем.



Функционирование S на некотором шаге вертикального вывода состоит в том, что по заданной цели c_α выводится «подцель» c_β ($c_\alpha \Rightarrow c_\beta$). Схема Θ_1 «вертикального» вывода имеет вид

$$\Theta_1 (\forall f_{\alpha k_1} \forall f_{\alpha k_2} \dots \forall f_{\alpha k_s} I_{s_1}(f_{\alpha k_1}, f_{\beta^p j_1}), I_{s_1}(f_{\alpha k_1}, f_{\beta^p j_2}), \dots, I_{s_1}(f_{\alpha k_1}, f_{\beta^p j_g}), \dots, \\ I_{s_e}(f_{\alpha k_1}, f_{\beta^p j_g}), \dots, I_{s_e}(f_{\alpha k_s}, f_{\beta^p j_g})) (F_1(f_{\alpha k_1}, f_{\alpha k_2}, \dots, f_{\alpha k_s}), \\ (F_1(f_{\alpha k_1}, f_{\alpha k_2}, \dots, f_{\alpha k_s}) \supset F_2(A_1, A_2, \dots, A_g)) \Rightarrow F_2(A_1, A_2, \dots, A_g)),$$

$f_{\alpha k_s}, f_{\beta^p j_r} \in \Omega$, где Ω — множество прагматико-семантически допустимых фраз предложений-целей, представленных в языке L_c [6]; A_i обозначают либо $f_{\beta^p j_r} = f_{\alpha k_s}$, либо $f_{\beta^p j_r} = F_t(f_{\alpha k_s})$; $f_{\alpha k_s} - k_s$ -я фраза цели c_α ; $f_{\beta^p j_r} - j_r$ -я фраза «подцели» c_{β^p} ; s_e — число базовых закономерностей анализа и полагания целей, имеющих место или возможных в текущей ситуации, иначе говоря, в мире α семиотической модели.

Здесь кванторы \forall являются кванторами ограниченного действия и распространены лишь на те фразы $f_{\alpha k_s} \in \Omega$ анализируемой цели c_α (директивно установленной или уже выведенной), которые связаны отношениями ${}^c R_{s_d}$ с фразами $f_{\beta^p j_r}$ «подцели» c_{β^p} . Конкретный вид семантических отношений ${}^c R_{s_d}$, играющих роль условий применимости правила вывода P , определенного схемой Θ_1 , а также формул F_1 и F_2 определяется состоянием модели S .

В конкретной ситуации вывод реализуется правилом отделения при истинном значении импликативной формулы, связывающей пару или $n - 1$ целей «куста». При этом истинность формулы F_1 определяется тем, что эта анализируемая цель $f_{\alpha k_s}, s \in 1(1)g$ определена директивно. Истинностное значение импликативной формулы $F_1 \supset F_2$ определяется так. Если в соответствии со знаниями о секторе производственной сферы установлено, что для объектов, описываемых фразами $f_{\alpha k_s}$ предложения-цели c_α , имеют место отношения ${}^c R_{s_d}$, то из фраз $f_{\beta^p j_r}$ может быть сформирована цель c_{β^p} , результат достижения которой на этапе целедостижения является частичной причиной осуществления результата, намеченного в c_α . Тогда при целеполагании имеет место истинное значение формулы $F_1 \supset F_2$.

Следующий компонент семиотической системы анализа и полагания целей — правила изменения множеств базовых знаков (ϕ_T) аксиом (ϕ_A), правил вывода (ϕ_P) и синтаксических правил (ϕ_B), которые осуществляют смену формальных подсистем в процессе функционирования S . Поскольку первое и последние два множества модели S являются фиксированными на всё время решения проблемы (что равносильно тождественности соответствующих подстановок), рассмотрим изменение, которому подвергается множество аксиом A , точнее, подмножество



²A. При этом форма записи аксиом в процессе модификации остается неизменной, так как синтаксис системы (а, следовательно, и соответствующий язык) фиксирован. Изменяться будут лишь наборы $\langle s_1, s_2, \dots, s_e \rangle$ индексов имен I_{s_k} семантических отношений ${}^c R_{s_k}$, входящих в запись аксиом и наборы $\langle \alpha k_1, \alpha k_2, \dots, \alpha k_g, \beta_{j_1}^1, \beta_{j_2}^1, \dots, \beta_{j_g}^{n-1} \rangle$ индексов переменных (фраз), на которых определены эти отношения. Возможны изменения трех видов: замена одного индекса на другой (d, d') , удаление индекса (d, λ) или введение его (λ, d) , где $d = s_l$ или $d = \alpha k_s$, либо $d = \beta_{j_r}^p$, а λ – пустой индекс. Тогда механизм ϕ_A может быть представлен множеством упорядоченных пар подстановок

$$\langle \Xi_A, X_A \rangle,$$

где $\Xi_A = \{(s_1, s_1'), (s_2, s_2'), \dots, (s_e, s_e')\}$,

$$X_A = \{(\alpha k_1, \alpha k_1'), (\alpha k_2, \alpha k_2'), \dots, (\beta_{j_g}^{n-1}, \beta_{j_g}^{(n-1)'})\},$$

так что $\phi_A = \langle \Xi_A, X_A \rangle$.

В соответствии с изложенным оператор \mathfrak{Z} смены состояний модели S имеет вид $\mathfrak{Z} = \langle \Xi_A, X_A \rangle$, а переход модели S из состояния

$S_k^i(T, B, {}^{k(i)}A, P)$ в смежное состояние $S_k^{i+1}(T, B, {}^{k(i+1)}A, P)$ записывается так:

$$S_k^{i+1}(T, B, {}^{k(i+1)}A, P) = {}^{(i+1)i} \mathfrak{Z} S_k^i(T, B, {}^{k(i)}A, P)$$

или

$$S_k^{i+1} = {}^{(i+1)i} \mathfrak{Z} S_k^i.$$

Полная семантика S построена в соответствии с работой [5] на основе модифицированной модели Крипке K , задаваемой парой $\langle K_1, K_2 \rangle$, первый компонент которой определяет внутреннюю (постоянную) семантику S , а второй – внешнюю (переменную). На основе компонента K_1 осуществляется интерпретация соответствующих объектов модели S . На основе K_2 из формул, истинных в K_1 , выделяются лишь те, которые являются истинными в рассматриваемом состоянии S . Интерпретация переменной семантики в K_2 осуществляется с помощью специальной функции, которая допускает вывод лишь тех формул, наборы индексов переменных в которых образуют допустимые в некоторой предметной области комбинации, определяемые тезаурусной моделью сектора производственной сферы.

Построенная логико-лингвистическая модель относится к классу SW1-моделей [5], поэтому для нее справедливы полученные для класса SW1 результаты о корректности и полноте моделей в модифицированной семантике Крипке. Это означает: каждое состояние S непротиворечиво: для любой формулы, истинной в некотором мире модифицированной семантики Крипке, существует состояние модели, в котором эта формула выводима. Непротиворечивость и полнота аксиом логики утилитарных оценок, составляющих неизменяемую часть аксиом модели, обосновывается в [6]. Независимость 1A и 2A подтверждает



непротиворечивость построенной на основе последних модели S .

Для S справедливы легко доказываемые в соответствии с работой [5] утверждения 1 и 2.

Утверждение 1. Логико-лингвистическая модель S обеспечивает проверку непротиворечивости n -ки $\langle c_1, c_2, \dots, c_n \rangle$ целей «куста» структуры целей, где c_1 обозначает анализируемую цель, а $c_i, i = 2(1)n$ — полагаемые «подцели».

Утверждение 2. Логико-лингвистическая модель S обеспечивает проверку полноты $n-1$ «подцелей» $\langle c_2, \dots, c_n \rangle$ «куста» целей.

Заключение

35

Предложенная семиотическая система рассуждений о целях, на основе которой реализуется логико-лингвистическое моделирование анализа и полагания целей, переводя данные процессы с традиционно-го, субъективного, на субъективно-объективизированный уровень, обеспечивает их конструктивность и способствует логической правильности как данных процессов, так и их результатов, а значит, и системного анализа организационно-технических комплексов в целом.

Список литературы

1. Лукьянова Л.М. Проблемы системного анализа отраслей промышленности и пути их решения // Информатизация и связь. 2003. №1–2. С. 109–114.
2. Hall A.D. A methodology for systems engineering. N.J.: D. Van Nostrand Company Inc., 1965.
3. Lukianova L. M. Systems Analysis: the Structure-and-Purpose Approach Based on Logic-Linguistic Formalization // Informational Theories & Applications. 2003. Vol. 10. №. 4. Sofia. С. 380–387.
4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: новый виток // Теория и системы управления. 1995. № 6. С. 380–387.
5. Осипов Г.С. Две задачи теории семиотических моделей управления // Изв. АН СССР: Техн. к-ка. 6. Ч. 1. 1981. С. 100–110; Ч. 2. 1982. № 1. С. 131–137.
6. Ивин А.А. Основания логики оценок. М.: Изд-во МГУ, 1970.
7. Лукьянова Л.М. Язык представления цели в системе поддержки целеполагания // Вестник СПбГУ. Сер. 9. Вып. 4. 2005. С. 67–78.

Об авторе

Л.М. Лукьянова — канд. техн. наук, доц., академик Международной академии информатизации, КГТУ, llm_llm@mail15.com