

УДК 621.018.003

**ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ  
СТРУКТУРОЙ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННО  
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Ивановский Михаил Андреевич**

кандидат технических наук, доцент

(Тел. +79606611212, e-mail: ivanovskiy\_62@mail.ru)

**Батурина Елена Викторовна**

аспирант 1 курса кафедры ИСиЗИ,

(Тел. +79202393008, e-mail: elenavikbaturina@yandex.ru)

**Алмали Ахмед Аднан Латиф**

аспирант 1 курса кафедры ИСиЗИ,

(Тел. +79027307913, e-mail: ahmedalhassaniy@gmail.com)

Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия

**Аннотация:** Для анализа и прогноза поведения иерархических пространственно распределенных информационных систем с целью принятия решений по изменению их структуры предложена открытая модель, состоящая из концептуальной модели предметной области и интегрированных с ней гибридной интеллектуальной системой и экспертной системы. Модель обеспечивает равноправное применение логических, аналитических и графических методов исследования

**Ключевые слова:** гибридная интеллектуальная система, иерархические пространственно распределенная информационная система, ситуационная концептуальная модель, ситуационная система моделирования, экспертная система, объект принятия решения.

Ввиду принципиальной неполноты знаний об объектах класса иерархических пространственно распределенных информационных систем целесообразно не ограничиваться аналитическими моделями, а предоставить средства для использования опыта экспертов. Модель иерархических пространственно распределенных информационных систем должна допускать оперативную модификацию в ходе изучения объекта. Каждый объект может представлять собой многоуровневую систему подобъектов, которые моделируются потоками данных и трактуются как ресурсы. Изменения ресурсов внутри объектов моделируются набором процедур или функций, именуемых процессами. Для анализа поведения и сравнения вариантов их реализации один или несколько критериев качества – функционалов, определенных на тех или иных наборах ресурсов.

По положению в дереве объектов выделяются три категории объектов: примитивы (категория LEAF), структурно неделимые с точки зрения глобальной цели моделирования, элементарные объекты (категория GISC), географически связанные с одним гибридной интеллектуальной системой-элементом (полигоном, дугой или точкой какого-либо покрытия), и составные объекты (категория COMP), состоящие из элементарных и/или составных объектов. Структура объектов категории GISC в ситуационной концептуальной модели может быть достаточно сложной, но все их подобъекты имеют одну и ту же географическую привязку. Множество объектов имеет вид:

$$O = \{ \alpha O_{\beta\gamma} \} ::= \bigcup_{\alpha=1}^{N_L} O_{\alpha}, \quad (1)$$

где:  $\alpha = \overline{1, N_L}$  – номер уровня дерева объектов, к которому относится данный объект ( $L$  – общее количество уровней декомпозиции);

$\beta = \overline{1, N_{\alpha}}$  – порядковый номер объекта на его уровне декомпозиции;

$\gamma = \overline{1, N_{\alpha-1}}$  – порядковый номер суперобъекта, доминирующего данный на вышележащем уровне;

$O_{\alpha}$  – множество объектов, принадлежащих уровню с номером  $\alpha$ .

Символом ::= здесь и далее обозначается равенство по определению. Для обеспечения связности ситуационной концептуальной модели принимается, что существует единственный суперобъект, доминирующий все объекты первого уровня декомпозиции, то есть справедливо соотношение:

$$O_1 ::= \{o_{\beta_1}^0\}, \beta_1 = \overline{1, N_1}. \quad (2)$$

Множество имен данных делится на множества имен переменных и параметров:

$$D ::= \langle \text{Var}, \text{Par} \rangle, \text{Var} ::= \{\text{vari}\}, i = \overline{1, N_v}; \text{Par} ::= \{\text{parj}\}, j = \overline{1, N_p}, \quad (3)$$

где  $N_v$  и  $N_p$  – мощности этих множеств.

Подлежащие сопоставлению альтернативы реализации иерархических пространственно распределенных информационных систем вносятся в модель на этапе ее конструирования либо путем декомпозиции некоторого объекта на подобъекты по типу "или", либо заданием альтернативных наборов ресурсов на входе некоторого объекта или процесса.

Процессы имитируют преобразования данных и реализуются различными способами в зависимости от типа исполнителя процесса. Логическая обработка данных реализуется посредством встроенной экспертной системы, которая может быть назначена исполнителем любого ресурса или процесса. Тогда этот ресурс или все выходные ресурсы этого процесса должны присутствовать в правых частях некоторого набора правил экспертной системы ситуационной системы моделирования. Аппарат исполнителей обеспечивает оперативное подключение моделей различных типов и автоматизацию синтеза исполнительской среды моделирования аналогично идеям концептуального программирования [5].

Схема ситуационной концептуальной модели имеет вид.

$$S_{CKM} ::= \langle O, P, D^{CM}, H, OP, PO, U \rangle, \quad (4)$$

где:  $O$  – множество объектов ситуационной концептуальной модели, определенное в (1);

$P := \{p_n\}, n = \overline{1, N_p}$  – множество процессов ситуационной концептуальной модели;

$D^{cm} \subseteq D$  – множество данных концептуальной модели, где  $D$  задано соотношением (3);

$H$  – отношение иерархии объектов;

$OP \subseteq O \times B(P)$  – отношение «объект – порождающие его выходные данные процессы», причем  $B(P)$  есть разбиение множества  $P$ ;

$PO \subseteq P \times B(O)$  – отношение «процесс – создающие его входные данные объекты»;

$U := U_p \cup U_0$  – отношение, формализующее управление процессом вычислений на основе ситуационной концептуальной модели.

Доказано, что схема (4) позволяет моделировать все основные виды иерархий [1] (стратифицированные, многослойные и многоэшелонные иерархии). Разработано расширение ситуационной концептуальной модели на задачи моделирования надежности и безопасности функционирования иерархически пространственно распределенных информационных систем [9].

Множество объектов (1), (2) разбивается на попарно не пересекающиеся подмножества по категориям объектов:

$$O := O^{LEAF} \cup O^{COMP} \cup O^{GISC}. \quad (5)$$

Если к множеству (5) добавить множество элементарных объектов гибридных интеллектуальных систем, то получим все множество объектов ситуационной концептуальной модели.  $O' := O \cup O^{ELEM}$ , причем множество гибридной интеллектуальной системы-элементов, типы которых должны начинаться со стандартных типов элементов гибридной интеллектуальной системы (обозначено символом  $\infty$ ), задается соотношением:

$$O^{GIS} := O^{GISC} \cup O^{ELEM} := \{o_i \in O' : t_o(o_i) \in \{\text{"dot"}, \text{"arc"}, \text{"pol"}\}\}. \quad (6)$$

Для классификации и сопоставления ситуаций в системе моделирования предложен обобщенный критерий вида (8), который обладает двумя следующими преимуществами, существенными для поставленной задачи:

в явном виде задает требования суперэлемента к выходным характеристикам доминируемого элемента;

позволяет легко сконструировать инварианты, описывающие процессы агрегирования обобщенных затрат от нижестоящих элементов к вышестоящим.

$$\Phi_{CCM}^{(s)} := \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left( \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \right)^s \right)^{1/s} := \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta a_i^s \right)^{1/s}, \quad (8)$$

где:  $s$  – четное натуральное число;

$a_i$  – значения ресурсов из списка выходов данного элемента модели (одного из объектов (1), (2) или процесса ситуационной концептуальной модели, или ресурсов, входящих в правую часть некоторого правила экспертной системы ситуационной системы моделирования, или графических ресурсов, вычисляемых с помощью гибридной интеллектуальной системы). Для корректности иерархии все эти ресурсы должны относиться либо к данному элементу модели, либо к объектам, подчиненным ему в дереве (1);

$a_{i0}$  и  $\Delta a_i > 0$  – настроечные параметры, отражающие требования вышестоящего элемента к номинальному значению  $a_i$  и допустимому отклонению от этого значения соответственно;

$$\delta a_i := \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \quad \text{– относительное отклонение фактического значения ресурса } a_i$$

от его номинального значения  $a_{i0}$ .

Если считать  $a_i$  скалярными критериями качества работы элемента модели, номинальные значения которых определяются величинами  $a_{i0}$ , то (8) представляет собой обобщенный критерий [4] с коэффициентами важности, обратно пропорциональными допустимым отклонениям скалярных критериев. Его значение равно единице в том случае, если значения всех его аргументов находятся на грани допусков:

$$\Phi_{CCM}^s = 1, \text{ если } |a_i - a_{i0}| = \Delta a_i, i = \overline{1, m}, \quad (9)$$

и не превосходит единицы, если все аргументы находятся в пределах допусков.

Перечисленные свойства обеспечивают естественную нормировку сигналов и облегчают поиск элементов модели, чьи характеристики существенно отличаются от желаемых. Удельная величина изменения критерия (8) при изменении одного из его аргументов, задаваемая соотношением:

$$\delta \Phi_i^{(s)} := \frac{\partial \Phi_i^{(s)} / \partial a_i}{\Delta a_i} = m^{s-1} (\Phi^{(s)})^{s-1} \delta a_i^{s-1}, \quad (10)$$

характеризует относительную чувствительность критерия качества к изменению этого аргумента. В предположении о равной важности всех ресурсов для достижения цели функционирования элемента ситуационной концептуальной модели удельная величина обобщенных затрат на каждый из аргументов критерия (8) оценивается формулой:

$$\eta_i := \frac{1}{m} \delta \Phi_i^{(s)}. \quad (11)$$

Принятие решений по управлению объектом в рассматриваемой постановке трансформируется в выбор одного из возможных вариантов структуры объекта на каждом шаге или такте моделирования. Для этого определяется объект принятия решения и производится классификация текущей достаточной ситуации. Затем сообщается, к какому классу текущая ситуация относится. Если требуется перевести ситуацию в какой-либо другой класс, то ситуационная система моделирования производит классификацию имеющихся альтернатив и фиксирует ту/те из них, которые предпочтительны по критерию минимума затрат (12) на выходе объекта принятия решения.

Таким образом, задача моделирования нормальной работы состоит в поиске последовательности достаточных ситуаций, непосредственно выводимых одна из другой и гарантирующих нахождение всех элементов обобщенного вектора состояния в допустимых диапазонах.

## Список литературы

1. Геловани В.А., Бритков В.Б. Системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием современной информационной технологии // <http://sr.isa.ac.ru/sr-95-96/gelbrit3.html>.
2. Кравченко Б.В., Черкасов Д.Н. Системы интеллектуальной поддержки принятия управляющих решений при ликвидации последствий ЧС // <http://mars.biophys.msu.ru/awse/CONFER/MCE99/149.htm>.
3. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.
4. Олейник А.Г., Фридман А.Я. Ситуационное моделирование природно-технических комплексов // Информационные технологии и вычислительные системы, 2002, № 2.
5. Осипов Г.С. Динамика в системах, основанных на знаниях // Известия Академии Наук. Теория и системы управления, 1998, №5.

## DECISION SUPPORT FOR MANAGING THE STRUCTURE OF HIERARCHICAL SPATIALLY DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

**Ivanovsky Mikhail Andreevich**

candidate of technical Sciences, associate Professor  
(Tel. +79606611212, e-mail: ivanovskiy\_62@mail.ru)

**Baturina Elena Viktorovna**

post-graduate student of 1 course of the Department Isisi,  
(Tel. +79202393008, e-mail: elenavikbaturina@yandex.ru)

**Almali Ahmed Adnan Latif**

post-graduate student of 1 course of the Department Isisi,  
(Tel. +79027307913, e-mail: ahmedalhassaniy@gmail.com)

Tambov state technical University,  
Tambov, Russia

**Abstract:** to analyze and predict the behavior of hierarchical spatially distributed information systems in order to make decisions on changing their structure, an open model is proposed, consisting of a conceptual model of the subject area and a hybrid intellectual system and an expert system integrated with it. The model provides equal application of logical, analytical and graphical research methods

**Keywords:** hybrid intelligent system, hierarchical spatial distributed information system, situational conceptual model, situational modeling system, expert system, decision-making object.