

А.А. Рыженко, С.С. Долгополов, С.Ю. Бутузов
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: litloc@rambler.ru)

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

Предлагается система управления информационными ресурсами структурных подразделений МЧС России. Особенностью системы является технология адаптации к изменениям внешней среды, основанная на фасетно-иерархическом принципе построения.

Ключевые слова: иерархическая система, информационные ресурсы.

A.A. Ryzhenko, S.S. Dolgoplov, S.Yu. Butuzov **HIERARCHICAL SYSTEM OF MANAGEMENT INFORMATION RESOURCES STRUCTURAL DIVISIONS OF EMERCOM OF RUSSIA**

The system of management information resources structural divisions of Emercom of Russia is offered. Feature of system is technology of adaptation to changes external environment based on facet and hierarchical principle of creation.

Key words: hierarchical system, information resources.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 19 ноября 2016 г.

Развитие масштабных корпоративных сетей, решающих аналитические задачи в режиме реального времени с использованием глобальной сети Интернет предполагает оперативный доступ к распределенным массивам обрабатываемых данных. Ежегодное наращивание ресурсной базы, а также расширение способов доступа к информации ставят задачи модификации системы хранения обрабатываемой информации и типов запросов, так как имеются существенные задержки при анализе потоковых данных. Сложившаяся ситуация обусловлена тем, что существующие информационные системы используют в основном классическую схему единой базы данных. Основной аналитический модуль, как правило, расположен в центральном хранилище, а доступ осуществляется на основе технологии "клиент-сервер".

Как правило, обработка ограниченных ресурсов в пределах одной организации решается классическими методами с использованием распределенных баз в рамках единого хранилища. Такие факторы, как расширение границ управления до метакорпорации или массовое увеличение количества управляемых звеньев иерархии (объектов), способствуют существенному усложнению процессов доступа к результирующим данным. При этом, важный для корпоративной сети механизм – одномоментная синхронизация данных (например, архитектура *SQL*) в данных условиях выходит на второй план. Предполагается, что аналитические потоковые данные не должны централизованно обрабатываться на одном ресурсе, добавляется эффект автономии управления, что способствует естественному формированию асинхронной архитектуры (*noSQL*).

Проблемными являются теоретическая необоснованность такого решения и попытки формирования практических решений в виде штучных примеров реализации, где в качестве основного варианта механизма координации ресурсов единой аналитической среды используют посредников (маршрутизаторы), формирующих на основе логических таблиц связи между компонентами (объектами). Маршрутизация общедоступных и часто запрашиваемых ресурсов частично решает проблему оперативного получения информации. Тем не менее, в данном случае слабым звеном остается система хранения аналитических данных или базы знаний, включающей правила продукционного типа.

Данный вывод обоснован тем, что асинхронная аналитическая система не может использовать один ресурс как основной. Предполагается, что автономные элементы системы управляют внутренней семантической сетью, хранят иерархию управления и являются элементами более глобальной иерархии управления одновременно. Необходимо также учесть, что архитектура схожа с матричной системой организации управления, но не подвержена влиянию сквозного дерева жизненного цикла объекта управления. В данных условиях необходим принципиально новый подход к организации аналитических данных, способствующий удовлетворять потребности единой формы управления в асинхронном пространстве данных.

Авторами предлагается концепция формирования единой распределенной информационно-аналитической системы обработки потоков оперативной информации на примере информационной среды МЧС России.

Проведён анализ существующих теоретических подходов, разграничивающих системы управления информационными ресурсами на несколько условно пересекающихся на границах некоторых семантических определений классов: "управляющие" системы, "координирующие" системы, и "не вмешивающиеся" системы. Каждый класс обособлен аксиоматической базой, предполагающей доказательные формы взаимодействия внутренних процессов. В качестве основного момента вхождения в единое поле данных принято, что каждый из перечисленных имеет механизм "чёрного ящика", определённого тремя абстрактными составляющими: объекты, процессы и ресурсы (данные). Предлагаемая идеология позволяет находить общие элементы и связи между ними в различных определениях. В качестве основы формализации используется теоретическая база мультимножеств [1].

Рассматривая элементы моделирования первого класса, можно определить, что использование системы форм представления кортежей концептуального моделирования (инструмент *CAS*) позволяет систематизировать разрозненные ресурсы продукционных правил в виде единого кортежа данных [3]:

$$i = \langle S; L; A \rightarrow B; Q \rangle, \quad (1)$$

где S – описание класса ситуаций;

L – условие, при котором продукция активизируется;

$A \rightarrow B$ – ядро продукции;

Q – постусловие продукционного правила.

Рассматривая элементы моделирования второго класса, можно определить, что использование аксиоматики изотонного отображения в условиях строгой иерархии позволяет учитывать возможность выбора с учётом покрытия на множестве возможных значений (особенность *MAS* или *mCAS*), то есть:

$$\begin{cases} f: X \rightarrow Y \mid xRy; \\ x \leq y, f(x) \leq f(y); \\ X_\alpha, \alpha \in \Omega; \\ \exists f: \Omega \rightarrow \cup X_\alpha; \\ x_\alpha = f(\alpha), \cap x_\alpha = \emptyset, X = \cup x_\alpha. \end{cases} \quad (2)$$

где x, y – множество координируемых управляемых процессов P_u .

Рассматривая дополнительный элемент второго класса, можно определить, что учёт автономности возможен только при использовании отношения отображения с возможностью разбиения автономных объектов управления $x \in X$ на множестве линейно-упорядоченного фактора множества $y \in Y$ [6]:

$$f: X \rightarrow Y = \begin{cases} xRy; \\ \forall x \in X, X = \coprod X_i; \\ \exists! y \in Y, Y/\sim = \{\bar{y} \mid y \in Y\}; \\ \begin{cases} R \cup R^c = Y \times Y; \\ \exists r_{max} \geq r, \forall r \in R; \\ \exists r_{min} \leq r, \forall r \in R. \end{cases} \end{cases} \quad (3)$$

Рассматривая элементы моделирования третьего класса, можно определить, что формирование целостности системы возможно только при учёте фактора взаимодействия α при анализе элементов строгой иерархии множеств с учётом возможности автономности, то есть:

$$\begin{cases} f: X^\alpha \rightarrow Y^\alpha \mid x_i^{\alpha_i} R y_i^{\alpha_i}; \\ x_i^{\alpha_i} \leq y_i^{\alpha_i}, f(x_i^{\alpha_i}) \leq f(y_i^{\alpha_i}); \\ x_i^{\alpha_i}, y_i^{\alpha_i} \in [0; 1]; \\ \forall x_i^{\alpha_i} \in X^\alpha, X = \coprod X_i; \\ \exists! x_i^{\alpha_i} \in Y^\alpha, Y/\sim = \{\bar{y} \mid y_i^{\alpha_i} \in Y\}. \end{cases} \quad (4)$$

При такой схеме организации потоковых данных в аналитической системе невозможно использовать классическую форму, основанную на матричной архитектуре *SQL*-систем. В качестве выхода предложено использовать фасетную систему организации данных или "классификацию двоеточием", предложенную Р.Р. Шиали [8].

В данном случае используется посредник между приведенными ранее системами, являющийся своеобразным "столпом" в системе управления, неизменяемым неадаптивным (*noCAS*) ядром информационной среды, позволяющей вносить эффект асинхронности при комплексном анализе потоков данных.

Многоаспектная классификация фасета однокритериальных функций позволяет использовать параллельно несколько независимых признаков в качестве основания классификации, что (в приведенной используемой терминологии (4)) означает ограничение на использование символов при отображении состояния, то есть:

$$\left\{ \begin{array}{l} f: [X^\alpha] \rightarrow [Y^\alpha] \mid [x_i^{\alpha i}] R [y_i^{\alpha i}]; \\ \{x, y, \alpha, i \mid [,], ;, ', \rightarrow\}. \end{array} \right. \quad (5)$$

В основе разрабатываемой концепции заложена алгебраическая модель на стыке предложенных ранее моделей Колмогорова А.Н. "единое множество данных в виде незамкнутой группы с обратной связью" и Вавилова Н.А. "атомарный элемент группы как открытая группа" [9, 6]. Анализ информации предполагается осуществлять с помощью управляемых процессов как на управляемых объектах МЧС России (автономные системы), так и в центральном хранилище (элемент) в едином информационном пространстве.

Особенностью разрабатываемой концепции является отдельное моделирование (в рамках трех составляющих типового "черного ящика") системы формализации процессов (P). Введено понятие управляемого процесса (P_u), являющегося подмножеством множества процессов $P_u \subset P$ с добавленной функцией управления (u), определяющей ограничения вариативной части результирующих значений (2).

С учётом данного введения, постусловие продукционного правила становится частью ядра продукции как ограничение по максимуму – показатель целого (по Колмогорову А.Н.) или показатель кратности (по Петровскому А.Б. на мультимножестве) [1, 9]. Следовательно, (1) можно преобразовать в

$$i = \langle S: Q[S]; L_{[Q]}; A[Q] \rightarrow B \rangle. \quad (6)$$

Причём, вхождение показателя кратности на множестве управляемых процессов в основное выражение является обязательным.

Используя выражение (4) на кортеже (6), получаем

$$i = \langle [x_i^{\alpha i}] R [y_i^{\alpha i}]; \exists f: \Omega \rightarrow \cup X_\alpha; X \rightarrow \langle P^H(O; D) \rangle \rangle, \quad (7)$$

то есть множество допустимых правил продукционного типа в невырожденной форме на множестве управляемых процессов, с учётом вариативной альтернативности принятия решений единого множества зависимых от абстрактных объектов постусловий (включенных в ядро правил) [10].

Результирующей функцией, представляющей множество допустимых значений, является:

$$\sum_{i=-\infty, \infty} k_A(x_i) \xrightarrow{N} \{-N; N\} \in \mathbb{Z}. \quad (8)$$

Следовательно, функцию формализации правила ядра на множестве положительных решений можно представить как

$$\sum_{i=0}^n a_i \xrightarrow[m]{} [1, m], \text{ где } n \in [1, \infty), m \in [0, n], \quad (9)$$

где a_i – элемент множества; m – целое; n – произвольный элемент, а на множестве отрицательных решений как

$$\sum_{j=k}^0 a_j \xrightarrow[l]{} [l, -1], \text{ где } k \in [-\infty, -1), l \in [0, k] \quad (10)$$

где a_j – элемент множества; l – целое; k – произвольный элемент.

Аналитический блок базы знаний предполагается разделить на две составляющие – **база ассоциаций (БА)** и **база правил (БП)**. Классические ассоциативные связи в виде безальтернативных продукционных правил будут использоваться для наполнения БА. Левая часть правила остается без изменений в классической форме условия ($S:Q[S]; L_{[Q]}$ или $[x_i^{\alpha_i}]R[y_i^{\alpha_i}]; \exists f: \Omega \rightarrow \cup X_\alpha$), правая – представлена только ссылкой на ячейку фасета БП ($A[Q] \rightarrow B$ или $X \rightarrow \langle P^H(O; D) \rangle$). Базы ассоциаций располагаются в каждом хранилище (BA_i) и могут взаимодействовать, что не является обязательным требованием. Данная технология позволит существенно разгрузить центральный модуль за счет распределения начальных аналитических действий непосредственно по источникам информации. Условности построения новых правил БА с использованием иерархии контрольных точек предлагается выполнить на основе существующих сетевых моделей. Второй обязательный элемент – БП будет сформирован на основе технологии свободного фасета (открытая группа в замкнутом пространстве). Понятие свободного фасета предложено в трудах Колмогорова А.Н., посвященных теории информации [9]. Левая часть правил БП формируется на основе описания исходных данных и ограничений, правая часть представляет собой описание результирующей целевой функции.

Использование иерархических систем структурирования семантических связей типа ЕСЛИ...ТО на множестве продукционных правил не всегда оправдывается при использовании в больших системах, где параллельно функционирует множество клиентов. Технология существенно усложняется на уровне метакорпораций, где, с одной стороны, уровни семантической принадлежности определить достаточно трудно, с другой – правила ядра достаточно унифицированы, но сложны по составным компонентам. Получается сложность детализации левой части (7) и простота правой одновременно. Как следствие, на аппаратном уровне, при организации системы такого рода необходимо выделять дополнительные ресурсы на обработку детальности каждого условия.

Для рационализации ресурсов, с учётом большего влияния асинхронности системы, решено разделить аналитическую часть на две составляющие – базу ассоциаций (БА), включающую левую часть кортежа (7) – условие, и базу правил (БП), включающую ядро в алгебраической форме (8-10). Дополнительным является использование в архитектуре БП фасетной системы организации данных (по Шиали Р.Р. [8]). Данная технология позволяет использовать

открытую архитектуру матричного типа, где в каждой ячейке располагается одно выражение. Открытость каждой ячейки позволяет конфигурировать как форму фасета (квадро, пента, гекса и т.д.), так и условия взаимодействия между соседними ячейками на границах соприкосновения индивидуально. Общий вид построения правила ячейки представлен как:

$$\left[X \rightarrow \langle P^H(O; D) \rangle; \right. \\ \left. frame(p) ::= \langle \forall Y, f(y_j), |con_{ij}|, R \cup R', x_i, y_{ij}, \langle cat_p \rangle, [s], [q], [h], \dots, GIS \rangle. \right. \quad (11)$$

В качестве описательной формы принята фреймовая запись концептуального моделирования, что упрощает переход к программно-алгоритмическому языку.

При реализации возможен следующий сценарий:

- БП централизованно располагается на едином сервере данных (центральное хранилище). Доступ возможен только через архитектора БА, который выполняет функцию "надсмотрщика" над потоками данных. Запрос клиентов на получение осуществляется только через фильтр общей таблицы ссылок (при использовании разной профильной семантики). Отчет по ресурсам (результаты запросов, правило) формируется по результатам кратных ассоциаций (левая часть производного правила);

- БА располагаются непосредственно на клиентах. Не несут информативной нагрузки по результатам запросов, только ссылку на ячейку БП. Семантические связи между правилами используют произвольную доступную технологию. Прямой связи между БА нет. Архитектор идентифицирует кратные запросы в единый.

Ниже представлен процесс применения в едином информационном портале МЧС России в рамках существующей информационной среды АПК БГ:

Упрощение процесса обработки данных основано на разделении существующего архива на *базу данных (БД)*, БА и БП. Предполагается, что БД_i и БА_i используют ресурсы клиентов системы и синхронизируются через единый портал МЧС России, БП хранится только на едином сервере и предоставляет логические решения управляемых процессов через *интерпретатор*.

В данном случае важны все формы представления правой части производного правила в виде ссылки на ячейку БП. В простом случае, когда в БА_i уже имеется схожий сценарий и левая часть представлена в лингвистической форме, ссылка оформляется как $[x, y, z, \dots]$ – для унифицированной векторной системы. Например, $[x, y]$ – для квадратичной системы. В более сложном варианте, когда левая часть известна правилом БА_i, а правая определяется интерпретатором как схожая на существующую в БП, ссылка составляется на основе (6) и определяется правилами (9, 10).

Независимость БА и БП позволяет организовывать собственные базы ассоциаций, ориентированных на единую БП, не только в структурах МЧС России, но и в промышленной и социальной зонах информационных ресурсов. Аналогичным образом можно подключать облачные технологии. При этом основные данные защищены и недоступны от внешних влияний.

Принципиальным отличием контента БА является правая часть продукционных правил, результат содержит только конкретную ссылку на ячейку фазета базы правил.

Организация системы хранения алгебраической формы правил БП построена на ячеистой матричной технологии, основанной на классическом фазете данных. Каждый элемент содержит результат аддитивной функции на мультимножестве, реализованном на операции подобия над управляемыми процессами. В результате отсутствия лингвистической составляющей, время на процесс обработки уменьшается в несколько раз за счет отсутствия семантической составляющей.

Литература

1. **Петровский А.Б.** Пространства множеств и мультимножеств. М.: Едиториал УРСС, 2003. 248 с.
2. **Сложная** адаптивная система. https://ru.wikipedia.org/wiki/Сложная_адаптивная_система.
3. **Продукционная** модель представления знаний. https://ru.wikipedia.org/wiki/Продукционная_модель_представления_знаний.
4. **Multi-agent** system. https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-agent_system.
5. **Holon** (philosophy). [https://en.wikipedia.org/wiki/Holon_\(philosophy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Holon_(philosophy)).
6. **Вавилов Н.А.** Не совсем наивная теория множеств. <http://patryshev.com/books/set-int.pdf>.
7. **System** of systems. https://en.wikipedia.org/wiki/System_of_systems
8. **Ранганатан Ш.Р.** Классификация двоеточием. Основная классификация. Пер. с англ. / Под. ред. Т.С. Гомолицкой. М.: ГПНТБ СССР, 1970. 421 с.
9. **Колмогоров А.Н.** Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 304 с.
10. **Топольский Н.Г., Хабибулин Р.Ш., Рыженко А.А., Бедило М.В.** Адаптивная система поддержки деятельности центров управления в кризисных ситуациях: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. 151 с.