УДК 658.52.011.52:681.322.067

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

В.В. Кульба, С.А. Косяченко, В.Н. Лебедев

Представлен ретроспективный анализ теоретических и прикладных проблем и задач, связанных с разработкой модульных автоматизированных информационно-управляющих систем социально-экономических и организационных структур. Данные проблемы и задачи исследовались в ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН в течение последних сорока лет.

Ключевые слова: анализ, синтез, структура, модульность, реальное время, информационно-управляющие системы, базы данных, чрезвычайные ситуации, сценарный подход, автоматизация проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка данного научного направления была начата в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН в конце 1960-х гг. Его актуальность была обусловлена крупномасштабностью работ по созданию и внедрению автоматизированных информационно-управляющих систем (АИУС) в различных областях народного хозяйства в сочетании с полной непроработанностью и отсутствием теоретических основ, моделей и методов формализации и автоматизации разработки систем этого класса. Основной целью исследований стало создание теоретических основ, формализованных моделей и, наряду с этим, методов анализа и синтеза оптимальных модульных систем обработки данных (СОД) в АИУС различного класса и назначения.

На основе единой методологии и сформулированных принципов модульности и типизации разработаны методы формализации, постановки задач, модели, алгоритмы и программы анализа и синтеза оптимальных модульных СОД, обеспечивающие формальный анализ и структуризацию исходной для технического проектирования информации, синтез оптимальной модульной системы обработки данных, определение содержания межмодульного интерфейса и оптимального состава программных модулей при заданном информационном обеспечении, оптимальное построение информационного обеспечения, его основных частей и элементов, выбор логической и физической структуры банков данных, информационных массивов, способов их организации, размещения во внешней памяти и др., выбор оптимальных методов контроля и обеспечения достоверности при обработке данных в АИУС различного класса и назначения.

В основу методологии положен принцип последовательного применения адекватных моделей и методов разработки на этапах технического и рабочего проектирования АИУС. Такой подход позволил разработать и применить на практике типовые решения и модели синтеза оптимальных модульных АИУС, конкретизация которых определяется этапами и целями разработки. Типовые методы синтеза основаны на использовании графовых моделей, позволяющих описать множество допустимых вариантов построения элементов системы и их взаимосвязей и обеспечить выбор оптимального варианта.

Принципы, модели и методы анализа и синтеза оптимальных модульных СОД позволяют формализовать, алгоритмизировать и в большинстве слу-

чаев автоматизировать с помощью ЭВМ процесс создания оптимальных модульных систем обработки данных АИУС, что обеспечивает существенное повышение эффективности принимаемых проектных решений [1—7].

1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Трудности создания формальной методологии проектирования АИУС объясняются: сложностью структуризации систем, реальным масштабом времени функционирования отдельных подсистем и задач, необходимостью оценки и контроля параметров отдельных подсистем и системы в целом, а также характеристик информационного и программного обеспечения; большим числом изменений в постановках задач, требованиях и детальных спецификациях в ходе разработки; сложностью внедрения формальных методов и автоматизации проектирования; недостаточным использованием возможностей типизации разработки, сокращающей в несколько раз затраты на проектирование и внедрение.

Модульный принцип проектирования АИУС связан с процессом синтеза системы как совокупности слабосвязанных компонентов, допускающих их относительно независимую разработку и использование. Проблемы модульного построения, т. е. проблемы разбиения (декомпозиции) системы на подсистемы, задачи на подзадачи, программного обеспечения на отдельные программы и подпрограммы, возникают на различных этапах анализа и синтеза систем управления. При этом подсистема каждого последующего уровня разбиения представляет собой абстрактный компонент (модуль) системы предыдущего уровня, интерпретация которого зависит от рассматриваемой проблемы.

Принцип модульности при проектировании информационного и программного обеспечения АИУС позволяет свести проектирование к оптимальному синтезу функционально независимых отдельных частей (модулей), совместно выполняющих заданные функции системы с требуемой эффективностью, и значительно сокращает затраты на разработку, внедрение и модификацию системы.

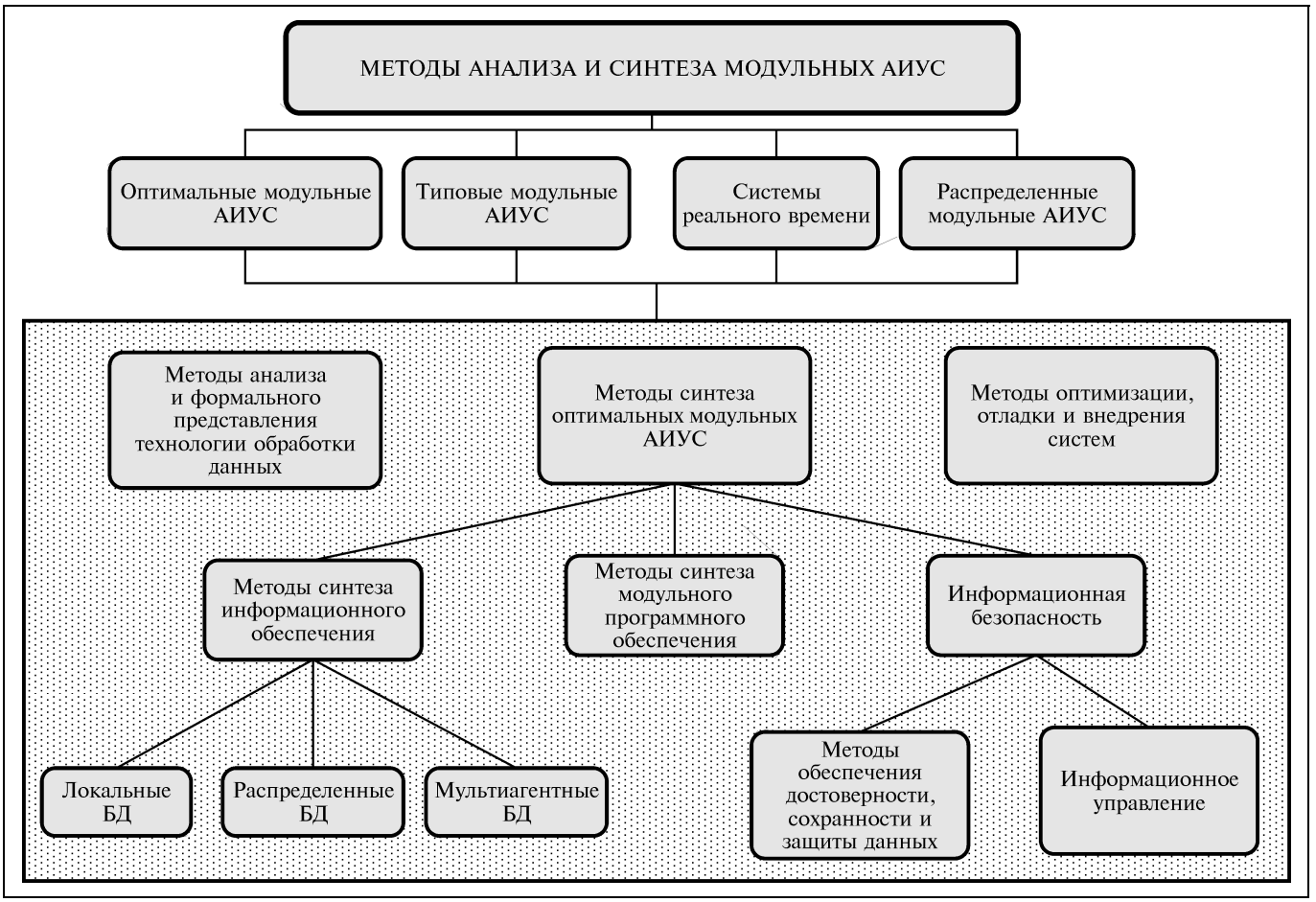
Проблема разделения информационного и программного обеспечения АИУС на отдельные модули и их последующего сопряжения является одной из наиболее трудных и слабоформализованных, так как разделение и сопряжение связаны с планированием и организацией работы системщиков и программистов, процедурами их взаимодействия в процессе разработки, отладки, внедрения функциональных задач и обеспечения их заданных технических характеристик (общий объем программ, число отдельных модулей, надежность работы, стоимость разработки и эксплуатации и т. д.).

При проектировании модульных систем должны быть обеспечены:

- функциональность (модуль должен содержать функционально законченную и максимально независимую совокупность операций по обработке данных; обращение к модулю осуществляется как к единому целому, и значение вызываемого параметра отражает специфику функций модуля);
- связность (модуль реализует совокупность взаимосвязанных функций, работающих с одними и теми же данными; часть этих данных обычно скрыта для системы в целом);
- алгоритмичность (функции модуля группируются на алгоритмической основе);
- последовательность (модуль включает в себя несколько функций, причем выходные результаты одной функции являются входными для другой);
- маскировка (некоторые функции и данные, которые не должны взаимодействовать с другими модулями, должны быть недоступными, скрытыми для системы в целом; маскировка связана с определением ограничений на доступ и взаимодействие между модулями);
- однородность (в модуль объединяются однородные по своему функциональному назначению процедуры);
- локализация (связана с физической близостью процедур отдельных модулей и информационных элементов, размещаемых на машинных носителях; массивы, записи, страницы являются примерами локализированных элементов).

Проектирование АИУС с модульной организацией программного и информационного обеспечения, имеющих оптимальные характеристики в процессе их создания и эксплуатации, разработка функциональных подсистем на основе модульной методологии обеспечивают сжатые сроки и высокое качество создания таких систем при минимальных затратах труда и средств. Общее время и затраты на разработку с помощью методов и средств анализа и синтеза модульных АИУС сокращается в 2—3 раза в зависимости от типов, назначения и особенностей создаваемых систем [1, 5, 6, 8—11].

Основой для формализации постановки и решения задач анализа и проектирования оптимальных модульных АИУС служит определение модуля, задач и системы обработки данных, межмодульного интерфейса и технических средств их реализации. Показано, что любое преобразование данных обладает свойством модульности, если оно может быть представлено графовой моделью, вершинам которой соответствуют модули обработки данных, а дугам — информационные связи между ними, определяемые обрабатываемыми перемен-



ными задачи АИУС. Таким образом, многофункциональный модуль АИУС, работающий со многими типами данных, рассматривается как часть системы обработки данных, имеющая интерфейс, определенный таким образом, что каждый модуль не имеет информации о внутреннем содержании других модулей, кроме той, которая содержится в спецификации интерфейса [2, 5].

Методы, представленные на рисунке, обеспечивают:

- проведение формального анализа и структуризацию исходной для технического проектирования информации;
- синтез оптимальной по различным критериям эффективности модульной системы обработки данных;
- определение содержания межмодульного интерфейса и оптимального состава программных модулей при заданном информационном обеспечении;
- оптимальное построение информационного обеспечения, его основных частей и элементов;
- выбор логической и физической структуры банков данных, информационных массивов, способов их организации, размещения во внешней памяти и т. д.;
- выбор оптимальных методов контроля, обеспечения достоверности и сохранности при обработке данных в АИУС различного класса и назначения;
- оптимизацию отладки синтезированных модульных АИУС.

На этапе анализа при создании модульных АИУС общего назначения необходимо проведение комплекса работ. Основная из них — декомпозиция системы на подсистемы (модули), обеспечивающая экстремум заданного критерия разбиения, учитывающего удобство последующего детального анализа, разработки и внедрения АИУС. Одним из наиболее важных критериев выделения подсистем является минимизация числа информационных связей системы. На основе декомпозиции системы выделяются задачи, подлежащие автоматизации; определяются необходимое множество процедур реализации заданного множества функциональных задач и необходимая для этого информация; осуществляется предварительная оценка уровня типизации используемых алгоритмов.

Определение процедур обработки данных, анализ и структуризация самих данных по каждой функциональной задаче базируется на совокупности матричных и графовых моделей, реализация которых обеспечивает подготовку исходных дан-

ных для технического проектирования оптимальных модульных АИУС [1, 3, 6, 8, 9, 12, 13].

На этапе технического проектирования на основе результатов, полученных на предыдущем этапе, синтезируется оптимальная модульная АИУС, т. е. определяются оптимальный состав и число модулей системы, степень использования типовых модулей при их наличии, синтезируется интерфейс и определяется информационное обеспечение. Основные характеристики синтезируемой АИУС являются функциями, определенными на множестве разбиений графа обработки данных.

Основными критериями синтеза модульных АИУС на этапе технического проектирования являются минимум сложности межмодульного интерфейса, минимум времени обмена между оперативной и внешней памятью ЭВМ при решении задачи, минимум объема неиспользуемых данных при пересылках между оперативной и внешней памятью ЭВМ при решении задачи и др.

Для анализа и решения задач данного класса введены понятия точек разрыва модулей первого и второго рода. Каждой точке разрыва ставится в соответствие необходимость обращения к внешней памяти и передачи управления при функционировании системы. Точки разрывов первого и второго рода соответствуют наличию и отсутствию передачи управления другим модулям системы при реализации процедур рассматриваемого модуля [3, 5—7, 9].

В качестве примера задачи синтеза модульной АИУС приведем следующую задачу.

Необходимо выбрать состав модулей (переменные x_{rv}) и состав массивов (переменные z_{lf}), обеспечивающие минимальное общее время обмена с внешней памятью ЭВМ, т. е.

$$\min_{(x_{rv}, z_{lf})} \left\{ \sum_{r=1}^{R} \sum_{v=1}^{V} x_{rv}(1 - x_{r+1,v}) \times \right.$$
$$\left. \times \left[\tau_v + \sum_{f=1}^{F} (z_{vf}^{c} t_f^{c} + z_{vf}^{3} t_f^{3}) \right] \right\},$$

где τ_v — среднее время считывания v-го модуля из внешней памяти в оперативную память ЭВМ, t_f^{c} и t_f^{3} — времена считывания и записи данных в f-й массив;

$$x_{rv} = \begin{cases} 1, \text{если } r\text{-я по порядку выполнения процедура} \\ \quad \text{включается в состав } v\text{-го модуля}, \\ 0 \text{ в противном случае}; \end{cases}$$

$$z_{lf} = \begin{cases} 1, \text{если } l\text{-й информационный элемент} \\ \quad \text{включен в } f\text{-й массив}, f = \overline{1, F}, F \le L, \\ 0 \text{ в противном случае}; \end{cases}$$

$$y_{vl}^{c(3)} = \begin{cases} 1, \text{если } \sum_{r=1}^{R} w_{rl}^{c(3)} x_{rv} \ge 1, \\ 0, \text{если } \sum_{r=1}^{R} w_{rl}^{c(3)} x_{rv} = 0; \end{cases}$$

$$y_{vf}^{c(3)} = \begin{cases} 1, \text{если } \sum_{l=1}^{L} y_{vl}^{c(3)} z_{lf} \ge 1, \\ 0, \text{если } \sum_{l=1}^{L} y_{vl}^{c(3)} z_{lf} = 0 \end{cases}$$

при ограничениях на:

— общее число процедур в составе каждого модуля;

— число информационных элементов, обрабатываемых процедурами каждого модуля;

— сложность интерфейса между модулями системы обработки данных;

— сложность информационного интерфейса между отдельными модулями системы обработки данных;

— включение отдельных процедур в состав одного модуля;

— размер записи каждого массива и др.

Существенное развитие методологии синтеза заключается в синтезе модульных СОД реального времени в АИУС [7, 9—11].

Рассмотрены постановки задач синтеза оптимальных модульных СОД реального времени, работающих в режиме разделения времени. Такие системы используются в тех случаях, когда заявки пользователей имеют равные приоритеты на обработку, а задачи обработки данных, необходимые для их обслуживания, слабо взаимосвязаны между собой по используемым процедурам и информационным элементам. В таких случаях входной поток заявок может быть описан как сумма элементарных входных потоков, а алгоритмы диспетчеризации заявок на их обслуживание принадлежат к классу бесприоритетных (см. табл.).

Перечислим основные ограничения, налагаемые при постановке и решении задач синтеза [7, 11, 14] на:

- время ξ_i обслуживания заявки:

$$E_j^i(a_i) < T_i; \quad i = \overline{1, I}; \quad i \text{ — фиксировано};$$

- устойчивость режима функционирования системы

$$\sum_{i=1}^{I} \lambda_i a_i < 1;$$

- общее число дублируемых процедур

$$\left(\sum_{i=1}^{I} \sum_{v=1}^{V} \sum_{r=1}^{R} b_{lr} x_{rv} \right) - R \leqslant \overline{M}_{\text{пр}};$$

- число процедур в модуле

$$1 \leqslant \sum_{r=1}^{R} x_{rv} \leqslant \overline{M}_{\nu}; \quad \nu = \overline{1, V};$$

- дублирование информационных элементов в массивах

$$\sum_{f=1}^{F} z_{lf} < k; \quad l = \overline{1, L};$$

- число информационных элементов в каждом массиве

$$\sum_{l=1}^{L} z_{lf} < \overline{M}_f; \quad l = \overline{1, L};$$

- однократность включения процедур в программные модули

$$\sum_{v=1}^{V} z_{rv} = 1; \quad i = \overline{1, I};$$

- интерфейс между отдельным модулем и другими модулями задачи

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{v=1}^{V} (\gamma_{lv}^{ic} \vee \gamma_{lv}^{i3})(\gamma_{lv'}^{ic} \vee \gamma_{lv'}^{i3}) < S_{v'}^{i},$$

v' — фиксировано;

- число информационных элементов, используемых модулями задачи,

$$\left(\sum_{l=1}^{L} \gamma_{lv}^{ic} \vee \gamma_{lv}^{i3}\right) < D_v^i; \quad v = \overline{1, V},$$

$$\bigcup_{v=1}^{V} D_v^i = D_i,$$

где

$$\gamma^{ic(3)} = \begin{cases} 1, \text{если } \sum\limits_{r=1}^{R} w_{rl}^{ic(3)} b_{ir} x_{rv} \geq 1, \\ 0, \text{если } \sum\limits_{r=1}^{R} w_{rl}^{c(3)} b_{ir} x_{rv} = 0, \end{cases}$$

$$b_{iv} = \begin{cases} 1, \text{если } \eta_i\text{-я задача использует } \rho_r \text{ процедуру}, \\ 0 \text{ в противном случае}, \end{cases}$$

$$w_{il}^{c(3)} = \begin{cases} 1, \text{если } l\text{-й информационный элемент } d_l \\ \quad \text{считывается (записывается)} \\ \quad \text{процедурой } \rho_r \text{ задачи } \eta_i, \\ 0 \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Для решения поставленных задач разработан алгоритм, учитывающий особенности целевых функций и позволяющий существенно сократить в большинстве практических случаев общее число рассматриваемых вариантов синтеза структуры программного и информационного обеспечения СОД реального времени [7, 9—11].

Поставлены также задачи оптимального синтеза модульных СОД реального времени, использующих приоритетные дисциплины организации обслуживания заявок. Реальный масштаб времени работы системы и модульная организация программного и информационного обеспечения накладывают ряд ограничений на постановку и решение задач синтеза СОД реального времени данного класса, основное из которых заключается в необходимости учета динамики реализации программных модулей, обусловленной выбранной дисциплиной приоритетной диспетчеризации, характеристик потоков заявок, потерь от ожидания их обслуживания и взаимосвязей между заявками и задачами обработки данных [7, 11].

Известно, что типизация проектных решений существенно снижает общую трудоемкость разработки, отладки и внедрения АИУС. Существуют три основные стратегии типизации:

- синтез типовых модульных СОД для решения заданного множества задач одного класса;
- комплектация и настройка программ для решения требуемой задачи из ограниченного набора типовых программных модулей;
- синтез рабочих программ на основе имеющихся прототипов (аналогов) СОД с учетом специ-

Задача синтеза структуры модульных СОД реального времени

Режимы обслуживания	Критерии синтеза
Круговое циклическое обслуживание с послеприбытием	$E_1(nQ) = nQ\left(\frac{1-\lambda Q}{1-\lambda a}\right) \to \min\limits_{\{x_{rv,\, z_{lf}}\}}$
Круговое циклическое обслуживание с доприбытием	$E_2(nQ) = \left(\frac{Q\lambda a[a\lambda + n(1-\lambda Q) - 1]}{1-\lambda a}\right) \to \min\limits_{\{x_{rv,\, z_{lf}}\}}$
Раньше пришел — раньше обслужен	$E_3(nQ) = \left(\frac{a\lambda(a-Q)}{1-\lambda a} + nQ\right) \to \min\limits_{\{x_{rv,\, z_{lf}}\}}$
Частично-круговое обслуживание	$E_4(nQ) = \left(\frac{Q\alpha^m}{1-\alpha}\right) + nQ\left(\frac{1-\alpha^m}{1-\alpha}\right) \to \min\limits_{\{x_{rv,\, z_{lf}}\}}$, где $\alpha = \left(\frac{a\lambda - \lambda Q}{1-\lambda Q}\right)$, $\lambda = \sum\limits_{i=1}^{I} \lambda_i$ — интенсивность суммарного потока заявок $i = \overline{1, I}$, Q — квант времени обслуживания заявок, n — случайное положительное целое число, a — среднее время решения задач в СОД реального времени

фики и содержательного описания конкретной задачи.

Поэтому серьезное внимание уделялось методам синтеза типовых модульных АИУС. Для них разработаны модели и методы анализа технологий решения заданного множества задач обработки данных одного класса. Созданные модели и методы обеспечивают выделение общих (типовых) частей заданного множества задач, его подмножеств, специфических частей каждой задачи и построение интегрированного графа технологии, учитывающего типовые и специфические части. Параметры типовости (общности) его элементов определяются путем последовательной кластеризации задач, которые представлены в интегрированном графе, по критериям близости (подобия) информационных, процедурных и технологических характеристик решаемых в АИУС задач обработки данных. В результате выполнения процедур кластеризации формируются подмножества подграфов интегрированного графа, характеризующиеся и различными уровнями типовости, и набором характеристик, исходных для синтеза типовой модульной АИУС по заданному критерию эффективности с учетом ограничений. При использовании формальных методов и средств анализа и синтеза типовых модульных систем общее время и затраты на разработку сокращаются в несколько раз, при достаточно большой общности в требованиях автоматизируемых объектов [6, 7, 9, 13].

В качестве наиболее типичного примера задач такого класса приведем задачу синтеза типовых модульных СОД в АУИС, в которой в качестве значений оптимизируемого функционала рассматриваются значения показателей приведенной стоимости разработки, отладки и эксплуатации типовой системы модулей и информационных массивов, т. е.

$$\min_{\{p_m b_r\}} \Phi = \min_{\{p_m b_r\}} \sum_{m=1}^{M} \sum_{l=1}^{L} S_{pm} x_{lm} + \sum_{m=1}^{M} \sum_{l=1}^{L} S_{om} x_{lm} + \sum_{m=1}^{M} \sum_{r=1}^{R} S_{pr} x_{rm},$$

где S_{pm} — приведенная стоимость разработки m-го модуля; S_{om} — приведенная стоимость отладки m-го программного модуля; S_{pr} — приведенная стоимость проектирования r-го информационного массива, $x_{lm} = 1$, если l-я процедура входит в состав m-го модуля, $x_{lm} = 0$ в противном случае; $x_{mn} = 1$, если m-й модуль входит в состав программного обеспечения n-го пользователя, $x_{mn} = 0$ в противном случае; $x_{ln} = 1$, если $\sum_{m=1}^{M} x_{lm} x_{mn} \geqslant 1$, $x_{ln} = 0$ в противном случае; $x_{jl} = 1$, если j-й элемент обрабатывается l-й процедурой, $x_{jl} = 0$ в противном случае; $x_{jr} = 1$, если j-й информационный элемент входит в состав r-го информационного массива, $x_{rl} = 0$ в противном случае; $x_{jm} = 1$, если $\sum_{l=1}^{L} x_{jl} x_{lm} \geqslant 1$, $x_{jm} = 0$ в противном случае; $x_{rm} = 1$, если $\sum_{j=1}^{J} x_{jr} x_{jm} \geqslant 1$, $x_{rm} = 0$ в противном случае.

Ограничения на:

— максимальное и минимальное число процедур в модуле

$$L \leqslant \sum_{m=1}^{M} \sum_{l=1}^{L} x_{lm} < \tilde{L}, \quad m = \overline{1, M};$$

— размер записи каждого массива

$$\sum_{j=1}^{J} x_{jr} \leqslant Q_1, \quad r = \overline{1, R};$$

— интерфейс между модулями системы обработки данных

$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{m=1}^{M} \sum_{m'=m+1}^{M} x_{jm} x_{jm'} \leqslant A;$$

— число синтезируемых модулей

$$2 \leqslant \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=1}^{M} x_{mn} \leqslant K;$$

— однократность включения процедур в программные модули

$$\sum_{n=1}^{N} x_{lm} = 1, \quad l = \overline{1, L};$$

— число информационных элементов, используемых модулями,

$$\sum_{j=1}^{J} x_{jm} \leqslant Q_2, \quad m = \overline{1, M},$$

где Q_2 — максимально допустимое число информационных элементов, используемых модулями;

— интерфейс между отдельным модулем m' и другими модулями

$$\sum_{j=1}^{J} \sum_{m=1}^{M} \sum_{m'=m+1}^{M} x_{jm} x_{jm'} \leqslant A';$$

$$\sum_{m=1}^{M} \sum_{l=1}^{L} T_{pm} x_{lm} + \sum_{m=1}^{M} \sum_{l=1}^{L} T_{om} x_{lm} + \sum_{j=1}^{J} \sum_{r=1}^{R} T_{pr} x_{jr} \leqslant T.$$

Удовлетворение базисных требований к АИУС (надежность, информационная безопасность, мас-

штабируемость, многоагентность и др.) невозможно без создания эффективных средств информационного взаимодействия компонентов системы в разнородной сетевой среде. Сегодня уже никто из разработчиков не относится к этим средствам как к второстепенному обслуживающему механизму. Наоборот, пришло четкое осознание, что они представляют собой «системообразующую конструкцию», определяющую архитектуру АИУС, принципы ее функционирования, стиль и средства ее разработки и конечную эффективность.

Несмотря на наличие многих современных сетевых средств и протоколов на базе TCP/IP (TELNET, FTP, SMTP/POP3, HTTP и т. п.), разработчики распределенных систем управления сталкиваются с целым рядом проблем [15, 16]. В большинстве случаев разработчики вынуждены пользоваться широко известными Интернет-службами и протоколами, изначально спроектированными для решения совсем других задач — поддержки массовых коммуникаций (SMTP/POP3), электронной прессы (HTTP) и др. Возникающие проблемы в значительной степени связаны с тем, что упомянутые сетевые технологии не обеспечивают достаточной надежности и устойчивости сетевых обменов, а их семантика не вполне адекватна потребностям распределенных систем. Поэтому создание специализированных сетевых технологий, ориентированных на поддержку взаимодействия в распределенных системах управления, представляет собой актуальную задачу.

В аспекте потребностей разработки распределенных систем все наиболее распространенные сетевые протоколы и Интернет-службы не свободны от ряда фундаментальных недостатков. Перечислим основные из них.

- Во всех этих службах (кроме электронной почты) отсутствуют собственные средства межсерверного взаимодействия и межсерверной маршрутизации данных в сети. Другими словами, все они ориентированы на работу в однородной сети, допускающей прямое сетевое соединение между любыми двумя узлами. Вместе с тем, соображения безопасности все чаще заставляют разработчиков «прятать» серверы и рабочие станции системы в частных локальных сетях с отказом от однородности сети. В этих условиях возможность взаимодействия через цепочку серверов (т. е. через узлы-посредники) становится необходимой.
- Отсутствие в службах надежных встроенных средств защиты от несанкционированного доступа существенно осложняет задачу обеспечения информационной безопасности. Имеющиеся, например, в HTTP или POP3 средства защиты примитивны и не могут быть признаны удовлетворительными.
- Все распространенные Интернет-службы весьма требовательны к качеству каналов связи и чувствительны к сетевым сбоям. Многим знакома ситуация, когда вследствие разрыва сетевого соединения результаты длительной работы, например, CGI-приложения или Web-сервиса, оказываются потерянными. Этот недостаток особенно характерен для Интернет-служб, которые обычно относят к классу «on-line», т. е. служб, реализующих все фазы взаимодействия (передача параметров, обработка, получение результатов и т. п.) в течение одного сеанса связи. Риск потери данных объясняется тем, что эти службы, как правило, жестко ассоциируют «контекст» сеанса связи с TCP-соединением. Поэтому разрушение соединения означает потерю «контекста» и, как следствие, результатов обработки.

Именно этими недостатками объясняется то обстоятельство, что многие разработчики крупномасштабных АИУС до сих пор прибегают к электронной почте как к средству организации сетевых взаимодействий, т. е. отказываются от режима on-line, чтобы ослабить зависимость от существующего качества линий связи и однородности (неоднородности) сети.

Понятие «контекста» сеанса связи является основополагающим для разработанной в Институте сетевой службы RFPS (Remote File Packets Service — служба удаленных пакетов наборов данных) и протокола RFPP, на котором базируется эта служба [17, 18]. Главная особенность этой службы состоит в том, что этот контекст ассоциируется не с сетевым соединением, а с новым, явно определяемым понятием — удаленным пакетом наборов данных (далее будем называть его просто «пакетом») Клиент RFPS сам открывает пакет на RFPS-сервере при необходимости удаленного взаимодействия и закрывает его, когда он больше не нужен. В промежутке между этими событиями он может наполнить пакет данными, вызвать те или иные удаленные обработчиком данные, получить результаты их работы, передать пакет другому клиенту, переместить пакет с одного сервера на другой и продолжить обработку на другом сервере и т. п. Причем все это может быть сделано или за одно TCP-соединение, или за несколько. Сохраняя идентификатор пакета, клиент всегда может восстановить контекст сеанса после случайного (или намеренного) разрыва соединения и продолжить работу.

Главная цель разработки RFPS заключалась в:

- создании простого, интуитивно понятного средства сетевой поддержки распределенных приложений и информационно-управляющих систем;
- обеспечении защиты от потери данных в условиях некачественных каналов связи;

- обеспечении возможности межсерверного взаимодействия и межсерверной маршрутизации данных;
- преодолении «водораздела» между так называемыми «on-line» и «off-line»-взаимодействиями. Фактически, применительно к RFPS термины «on-line» и «off-line» скорее характеризуют стиль «поведения» клиента, а не являются имманентными свойствами протокола.

Протокол RFPP может эффективно применяться при [19]:

- поддержке информационного взаимодействия в распределенных гетерогенных АИУС;
- создании технологической электронной почты с гарантированной доставкой;
- разработке поисковых агентов и их взаимодействие в АИУС для поиска информации в Интернет-пространстве;
- создании защищенных тоннелей с использованием сетей общего пользования (Интернет) для поддержки удаленных взаимодействий между корпоративными частными сетями.

Одним из направлений повышения надежности АИУС стала разработка единой методологии реализации системной отладки как основного этапа формирования качества комплексов программ АИУС, определяющего процедуры системной отладки и базирующегося на применении моделей и методов оптимизации в многоэтапном итеративном процессе формирования комплекса программ заданного качества. Качество комплекса программ оценивается с помощью специально разработанной системы обобщённых показателей, перечень которых определяется технологией отладочных работ. Использование показателей качества в соответствии с последовательностью технологических процедур отладки обеспечивает эффективное применение методов оптимизации планирования и автоматизации отладочных работ [7, 10, 11, 20, 21].

В связи с возросшими требованиями к информационной безопасности АИУС были исследованы проблемы её обеспечения на законодательном и организационном уровнях, проблемы информационного управления, методы защиты информации от несанкционированного доступа, обеспечения достоверности и сохранности информации. Цель исследований — разработка новых методов и способов резервирования и защиты информации на различных уровнях ее представления, а также методических рекомендаций в области обеспечения информационной безопасности, включая рекомендации по защите от агрессивных информационных воздействий на различные структуры общества. В рамках данного направления разработаны комплексы формализованных методов и средств обеспечения достоверности и сохранности информации при обработке данных в системах организационного управления.

На основе предложенных понятий механизмов контроля и защиты данных, понятия «стандартная схема обработки данных» разработана методика оценки достоверности для различных структур обработки данных и различных законов возникновения и взаимодействия ошибок [22, 23]. Подробно рассмотрен широкий круг вопросов резервирования программных модулей и информационных массивов в АИУС как системного метода повышения сохранности данных. Выделены основные стратегии резервирования и приведены результаты анализа их эффективности по различным критериям, а также методы расчета основных вероятностных, временных и стоимостных характеристик рассмотренных стратегий. Проведен анализ основных разрушающих модули и массивы факторов и даны рекомендации по применению необходимых методов защиты от их воздействия. Поставлены и решены задачи выбора стратегий резервирования и оптимального числа копий и (или) предысторий (дампов) основного массива. Рассмотрены задачи оптимального резервирования программ и массивов данных в системах обработки данных, работающих в реальном масштабе времени [8, 24—39].

2. МЕТОДЫ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУР БАЗ ДАННЫХ

Разработаны модели и методы синтеза оптимальных логических и физических структур локальных (ЛБД), сетевых (СБД) и распределённых (РБД) баз данных АИУС. В результате решения задач синтеза оптимальных логических ЛБД и СБД определяются: оптимальные характеристики логических структур ЛБД и СБД (состав и структуры логических записей и взаимосвязей, точки входа в структуры и другие характеристики), оптимальные структуры запросов и заданий на корректировки; оптимальные спецификации запросов и заданий на корректировки в архитектуре «клиент — сервер» [40—50].

Результаты, полученные на этапе синтеза оптимальных логических структур ЛБД, СБД и РБД, используются в дальнейшем при синтезе физических структур БД и модульного прикладного программного обеспечения с учётом особенностей реализации SQL-запросов.

В результате решения задач синтеза оптимальных логических структур РБД определяются:

- оптимальные характеристики логической структуры РБД (состав и структуры логических записей и взаимосвязей, структура размещения логических записей по серверам баз данных);

- структура размещения локальных баз метаданных (ЛБмД) репозитария по серверам узлов вычислительной сети (ВС);
- оптимальные структуры реализации запросов и транзакций.

Синтез логической структуры РБД рассматривается как поиск оптимального варианта отображения канонической структуры РБД в логическую, обеспечивающего оптимальное значение заданного критерия эффективности функционирования корпоративных АИУС и удовлетворяющего основным системным, сетевым и структурным ограничениям. При отображении группы данных канонической структуры РБД объединяются в типы логических записей с одновременным распределением их и ЛБмД репозитария системы по узлам ВС.

Основные критерии эффективности синтеза логических структур РБД: минимум общего времени последовательной и параллельной обработки множества запросов пользователей, в том числе при наличии многопроцессорных серверов в отдельных узлах ВС; минимум общего времени последовательного выполнения множества транзакций; минимум стоимости функционирования корпоративной АИУС. Ограничениями задач синтеза служат ограничения на число групп данных в составе логических записей, на длину формируемых логических записей, на число синтезируемых логических записей и ЛБмД, размещаемых в узлах ВС.

Задача синтеза оптимальной логической структуры РБД по критерию минимума максимального времени реализации в АИУС запросов и транзакций формулируется следующим образом:

$$\min_{\{x_{it},\, y_{tr},\, z''_{pr},\, z''_{sr}\}} \; \max_{u_v \in U} T_{u_v}(x_{it};\, y_{tr}),$$

где T_{u_v} — время выполнения «рабочей нагрузки» u_v-го класса пользователей ($u_v \in U$),

$x_{it} = 1$, если i-я группа данных включается в t-ю логическую запись; $x_{it} = 0$ в противном случае; $y_{tr} = 1$, если t-я логическая запись размещается на сервере r-го узла ВС; $y_{tr} = 0$ в противном случае,

при ограничениях на:

— число групп в составе логической записи

$$\sum_{i=1}^{I} x_{it} \leqslant F_t, \quad \forall t = \overline{1, t_0},$$

где F_t — максимальное число групп в t-й записи;

— однократность включения групп в записи

$$\sum_{t}^{t_0} x_{it} = 1, \quad \forall i = \overline{1, I};$$

— длину формируемой логической записи

$$\sum_{i=1}^{I} x_{it} y_{tr} \rho_i \Psi_0 \leqslant \theta_{tr},$$

где θ_{tr} — максимально допустимая длина t-го типа записи, определяемая техническими характеристиками сервера r-го узла ВС и др.

3. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Важное направление исследований состоит в создании методов и моделей планирования и управления комплексами мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). Существующая тенденция к увеличению масштабов ЧС и тяжести их последствий обусловливает необходимость своевременной обоснованной выработки контрмер по их ликвидации в рамках создаваемых с этой целью соответствующих управленческих структур — систем управления в условиях ЧС. Масштабы ущербов от природных и техногенных ЧС сопоставимы с последствиями военного нападения. Почему же затраты, направленные на уменьшение ущерба от ЧС, существенно меньше затрат на оборону? Тем более, что первые происходят рано или поздно, а вторых можно избежать, проявив гибкость и дальновидность. В нашем сознании должна укорениться мысль, что значительное число ЧС неизбежно: их возникновение — вопрос времени.

Основные особенности функционирования систем управления в условиях ЧС состоят в том, что ЧС ставит перед системой управления задачи, не соответствующие стационарному режиму работы организации и ее прошлому опыту.

Анализ функционирования систем управления в условиях ЧС позволил выделить ряд их особенностей по сравнению с функционированием традиционных систем управления. Система управления в условиях ЧС должна функционировать в следующих четырех режимах: режим повседневной деятельности (стационарное функционирование); режим повышенной готовности (активная подготовка и осуществление превентивных мероприятий); чрезвычайный режим (действия в чрезвычайной ситуации); постчрезвычайный режим (ликвидация долговременных последствий ЧС).

В условиях сложной внешней среды к структуре системы управления в ЧС прежде всего должны быть предъявлены требования гибкости и адаптивности.

В соответствии с многоцелевым назначением структур систем управления в ЧС были предложены понятия дуальных (двойных) либо полиструктур (множественных структур), в которых работа

по ликвидации ЧС проводится в рамках управления множеством стратегических ситуационных зон различного типа, а управление существующими объектами в условиях ЧС выполняется в рамках традиционных структур, которые, естественно, должны быть видоизменены в соответствии с изменившейся ситуацией. Частный случай такого видоизменения — межранговое управление.

Показано, что стратегическое планирование и управление ликвидацией последствий ЧС необходимо осуществлять на основе целевого и сценарного подходов. При разработке сценариев развития ЧС, стратегических, тактических и оперативных планов повышения безопасности и организации противодействия ЧС учитываются особенности функционирования новых экономических механизмов рынка.

Формализовано понятие сценария развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) и исследованы методы его использования для моделирования процессов развития ЧС и ликвидации их последствий, включая формирование базовых (наиболее вероятных) сценариев развития ЧС на объектовом и региональном уровнях, а также выделение их очаговых структур.

Сложность и новизна возникающих принципиально новых задач создают возрастающую нагрузку на высшее звено системы управления ЧС, а быстрый темп их появления повышает вероятность стратегических неожиданностей. Эти задачи обладают содержательными характеристиками задач перспективного планирования, однако должны решаться в оперативном режиме. Такая ситуация приводит к необходимости применения средств стратегического управления, с помощью которых существующие системы управления могут противостоять нестабильности, резко меняющимся условиям, сбоям и ошибкам в работе.

Отметим также, что помимо обычных типов резервов (временных и ресурсных) при решении задач моделирования процессов принятия решений в условиях ЧС следует использовать и другие типы резервов, а именно, структурно-технологический, природно-климатический и эколого-физиологический. Наличие структурно-технологического резерва позволяет эффективно управлять имеющимися в наличии силами и средствами при потере работоспособности ряда элементов системы [51].

Для оперативного управления в условиях ЧС предложено использовать новый класс систем — информационно-управляющие системы быстрого развертывания. Основное назначение систем этого класса заключается в обеспечении информированности руководителей работ по ликвидации последствий ЧС. Требуемая степень информированности должна достигаться путем создания в кратчайшие строки (12—72 ч) АИУС различного класса и назначения (информационных, информационно-поисковых, информационно-управляющих), функционирующих на базе современных ПЭВМ, а также современных средств связи. При этом обработка поступающей в условиях ЧС в систему управления информации ведется по четырем основным направлениям. В рамках первого направления постоянно ведется обработка текущей информации, второе направление является проблемно-функциональным; третье — территориальным, четвертое — обобщающим, в рамках которого интегрируется не только поступающая информация, но и результаты ее аналитического анализа по проблемно-функциональным и территориальным аспектам в целях ее обобщения и принятия стратегических решений [52].

Разработаны методология, аппарат и прикладные методы создания систем и средств организационного управления комплексами мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, возникающих на объектовом и региональном уровнях. Применение разработанных методов и моделей, алгоритмов и программ позволяет повысить оперативность процессов моделирования возможных сценариев развития ЧС, сконцентрировать ресурсы на наиболее опасных направлениях, повысить качество превентивных и оперативных планов противодействия ЧС, что, в свою очередь, существенно снижает общие конечные потери и ущерб от их возникновения и развития [51—53].

4. СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На базе результатов исследований моделей и методов управления в условиях ЧС зародилось и успешно развивается новое научное направление, связанное с разработкой математических моделей и механизмов управления и функционирования сложных социально-экономических систем (СЭС) на основе сценарного подхода [39, 53—56].

Анализ проблем эффективного управления показал, что имеется явный разрыв в формализованном описании этапов целеполагания и формирования конкретных планов работ. В качестве недостающего необходимого промежуточного звена было предложено формировать сценарии поведения объекта, отражающие наиболее характерные черты его функционирования при изменении внешней среды.

Понятие «сценарий» в теории управления сравнительно новое, хотя сегодня оно распространено достаточно широко (особенно при анализе стратегических управленческих решений в социально-политической сфере). Причем его употребление далеко не всегда конструктивно в силу нечет-

кости понимания и определения его роли для решения задач стратегического управления.

Анализ показывает, что построение сценариев направлено на решение двух основных проблем:

— *выделение ключевых моментов развития* исследуемого объекта и разработка на этой основе качественно различных вариантов его динамики;

— *всесторонний анализ и оценка каждого из полученных вариантов,* изучение его структурных особенностей и возможных последствий его реализации.

Таким образом, сценарий поведения объекта определяется как *последовательность состояний и предполагаемых условий функционирования системы моделей, описывающих процесс изменения его параметров.* Такие последовательности дискретно фиксируют принципиальные с точки зрения исследователя моменты перехода системы в новое качественное состояние.

Как *самостоятельное направление исследований* сценарный подход имеет собственную проблематику, методологию и инструментарий. Были выделены основные проблемы, подлежащие решению:

- построение формальной модели СЭС;
- формирование сценария;
- определение характеристик сценария;
- анализ сценария;
- оптимизация сценария;
- преобразование выбранного сценария в программы и планы.

Основные методы построения сценариев могут быть классифицированы следующим образом.

К *неформализованным* относятся методы построения сценариев с приоритетным учетом мнений экспертов.

К *формализованным* относятся методы генерации сценариев, основанные на автоматической или автоматизированной процедуре. Примером служит генерация сценариев на основе когнитивных карт и с использованием формальных грамматик.

К *частично-формализованным* относятся схемы формализованного построения, корректируемые с помощью экспертных оценок.

Анализ существующих средств моделирования развития и функционирования социально-экономических систем показывает, что для генерации сценариев их поведения целесообразно применять аппарат знаковых графов, который позволяет работать как с качественными, так и количественными типами данных. Аппарат знаковых графов позволяет формально строить синергетические сценарии или гипотетические траектории движения моделируемой системы в фазовом пространстве ее переменных (факторов) на основе информации о ее структуре и желательных направлениях ее развития. Предложенная методика заключается в аппроксимации тенденций развития СЭС фрагментами траектории импульсных процессов на знаковых орграфах. При этом определяются основные тенденции развития СЭС без вмешательства извне или при задаваемых управляющих воздействиях (прямая задача) [55].

При отрицательной качественной оценке характеристик наблюдаемых параметров следует перейти к решению обратной задачи — поиску эффективных с точки зрения ЛПР управлений и их использованию в модели, т. е. перейти к генерации аттрактивных сценариев специального типа.

Математическая модель знаковых, взвешенных знаковых, функциональных знаковых орграфов является расширением математической модели орграфов. Кроме орграфа $G(X, E)$, в модель включаются следующие компоненты:

— множество параметров вершин $V = (v_i, i \leqslant N = \|X\|)$. Каждой вершине x_i ставится в соответствие ее параметр $v_i \in V$;

— функционал преобразования дуг $F(V, E)$, ставящий в соответствие каждой дуге либо знак, либо вес, либо функцию.

Если функционал имеет вид

$$F(v_i, v_j, e_{ij}) = \begin{cases} +1, \text{ если рост (падение) } v_i \text{ влечет} \\ \quad \text{за собой рост (падение) } v_j, \\ -1, \text{ если рост (падение) } v_i \text{ влечет} \\ \quad \text{за собой рост (падение) } v_j, \end{cases}$$

то такая модель называется знаковым орграфом.

Если функционал имеет вид

$$F(v_i, v_j, e_{ij}) = \begin{cases} +w_{ij}, \text{ если рост (падение) } v_i \text{ влечет} \\ \quad \text{за собой рост (падение) } v_j, \\ -w_{ij}, \text{ если рост (падение) } v_i \text{ влечет} \\ \quad \text{за собой рост (падение) } v_j, \end{cases}$$

то такая модель называется взвешенным знаковым орграфом; w_{ij} — вес соответствующей дуги.

Если функционал имеет вид

$$F(v_i, v_j, e_{ij}) = f_{ij}(v_i, v_j),$$

то такая модель называется функциональным знаковым орграфом.

На расширенных таким образом орграфах вводится понятие импульса и импульсного процесса в дискретном временном пространстве.

Импульсом $P_i(n)$ в вершине x_i в момент времени $n \in N$ называется изменение параметра в этой вершине в момент времени n:

$$P_i(n) = v_i(n) - v_i(n - 1). \qquad (1)$$

При этом значение параметра в вершине x_i определяется соотношением

$$v_i(n) = v_i(n-1) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} F(v_i, v_j, e_{ij}) P_j(n-1) + P_i^0(n), \qquad (2)$$

где $P_i^0(n)$ — внешний импульс, вносимый в вершину e_i в момент времени n. Из конечно-разностных уравнений (1) и (2) легко получить уравнение для импульса в исследуемом процессе:

$$P_i(n) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} F(v_i, v_j, e_{ij}) P_j(n-1) + P_i^0(n).$$

Предложенная методология сценарного проектирования и опыт ее применения показывают принципиальную возможность формализованного сценарного анализа и осуществления в дальнейшем синтеза эффективных сценариев развития сложных систем в различных предметных областях. Разработанный сценарный подход позволяет описывать процессы развития СЭС на различных уровнях детализации, учитывать динамику и дискретный характер изменений различных ее элементов, формализовать ресурсные, технологические, логические и другие ограничения и решать на единой методологической основе широкий спектр задач стратегического управления. Таким образом сценарий служит необходимым промежуточным звеном между этапами целеполагания и формирования конкретных планов работ, который целесообразно применять в качестве основного инструмента для разработки моделей и методов выбора эффективных стратегических и оперативных решений по планированию и управлению функционированием СЭС [39, 51, 56, 57].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволили в конце 1990-х гг. разработать основные положения и ряд программных комплексов промышленной технологии автоматизированного проектирования АИУС. Методология и соответствующие программные средства ориентированы на комплексное решение задач автоматизации этапов разработки, внедрения, сопровождения и модификации проектов систем управления на базе новейших достижений в области создания микропроцессорной техники, локальных и распределённых сетей ЭВМ, максимального использования принципов модульности, типизации и клонирования [43, 46, 48, 50].

Промышленная технология автоматизированного проектирования (ПТАП) АИУС реализуется с помощью САПР «Модуль», АРИУС, а также методов и систем компьютерной графики, которые обеспечивают:

- минимизацию общей трудоёмкости и длительности разработки информационного и программного обеспечения АИУС;
- высокое качество и надёжность разработанных комплексов программ и их информационного обеспечения;
- унификацию технологии разработки информационного и программного обеспечения АИУС различного назначения;
- эффективное использование ресурсов памяти и производительности ЭВМ;
- возможность совместных действий разработчиков и пользователей в процессе проектирования АИУС.

Адаптируемость структуры и средств ПТАП к непрерывно меняющимся условиям функционирования АИУС обеспечивается в САПР «Модуль» путем их настройки на конкретную предметную область, осуществляемой посредством генерации, конфигурирования и параметризации её компонентов. В последнее время в рамках ПТАП разработаны научно-теоретические основы создания АИУС на основе многомерных постреляционных СУБД и инструментальных средств четвертого поколения в соответствии со стандартами «открытых систем», что позволяет обеспечить АИУС высокую мобильность, аппаратную независимость и эффективную обработку данных различных типов в многопользовательском распределенном режиме.

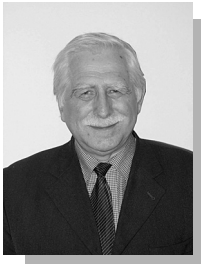
Полученные теоретические результаты использовались при разработке и внедрении ряда АСУ, имеющих важное народно-хозяйственное значение: «Металл», «Метро», «Морфлот», «Обмен», Автоматизированная информационная система почтовой связи России, АС национального центрального бюро Интерпола при МВД РФ (ИВС Интерпола), ряда информационных подсистем АИУС Министерства внутренних дел РФ.

В последнее время полученные ранее результаты были адаптированы применительно к АИУС реального времени специального назначения. Разработаны модели и методы анализа, синтеза и отладки оптимальных информационно-управляющих систем специального класса объектов — долговременных орбитальных станций. В результате исследования орбитальной станции как специального объекта управления разработаны модели, методы и инструментальные средства создания модульного программного и информационного обеспечения АИУС реального времени для космических систем [10, 11, 58].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кульба В.В., Мамиконов А.Г., Цвиркун А.Д.* Проблемы автоматизации проектирования АСУ (обзор) // Автоматика и телемеханика. — 1974. — № 5. — С. 168—189.
2. *Синтез* оптимальных функциональных модулей обработки данных в АСУ / А.Г. Мамиконов, А.А. Ашимов, В.В. Кульба и др. — М.: ИПУ РАН, 1979.
3. *Кульба В.В., Мамиконов А.Г.* Методы анализа и синтеза оптимальных модульных систем обработки данных // Автоматика и телемеханика. — 1980. — № 11. — С.152—179.
4. *Ашимов А.А., Мамиконов А.Г., Кульба В.В.* Оптимальные модульные системы обработки данных. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 186 с.
5. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В.* Синтез оптимальных модульных СОД. — М.: Наука, 1986. — 276 с.
6. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Косяченко С.А.* Типизация разработки модульных систем обработки данных. — М.: Наука, 1989.
7. *Методы* анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем / Д.А. Кононов, В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 800 с.
8. *Мамиконов А.Г., Цвиркун А.Д., Кульба В.В.* Автоматизация проектирования АСУ. — М.: Энергоиздат, 1981. — 328 с.
9. *Оптимальные* модульные системы реального времени (анализ и синтез) / Кульба В.В., Н.А. Кузнецов, С.А. Косяченко и др. — М.: ИППИ РАН, 1994.
10. *Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В.* Проектирование информационно-управляющих систем долговременных орбитальных станций. — М.: Наука, 2002. — 579 с.
11. *Теоретические* основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов / В.В. Кульба, Е.А. Микрин, Б.В. Павлов, В.Н. Платонов. — М.: Наука, 2006. — 579 с.
12. *Предпроектный* анализ структуры информационных потоков и технологии обработки данных при разработке модульных СОД / А.Г Мамиконов А.Г., В.В. Кульба, А.С. Миронов, А.В. Товмасян. — М.: ИПУ РАН, 1980. — 43 с.
13. *Анализ* технологий обработки данных при разработке типовых АСУ / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, Е.Н. Сидоров. — М.: ИПУ РАН, 1986.
14. *Постановка* задачи оптимизации программного обеспечения автоматизированных систем управления реального времени / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко и др. — М.: ИПУ РАН, 1985.
15. *Асратян Р.Э., Лебедев В.Н., Дмитриев Р.И.* Интернет и распределенные многоагентные системы. — М.: Ленанд, 2007. — 72 с.
16. *Lebedev V.H., Asratyan R.E., and Orlov V.L.* Distributed multi-agent systems for vertically integrated companies: architecture and interfaces. INCOM 2006. Saint-Etienn, France, 2006. — P. 99—104.
17. *Асратян Р.Э.* Интернет-служба для поддержки распределенных информационно-управляющих систем // Проблемы управления. — 2005. — № 6. — С. 73—77.
18. *Асратян Р.Э.* Интернет-служба для поддержки межсерверных взаимодействий в распределенных информационных системах // Там же. — 2006. — № 5. — С. 58—62.
19. *Асратян Р.Э., Лебедев В.Н.* Средства информационного взаимодействия в современных распределенных гетерогенных системах. — М.: Ленанд, 2008. — 120 с.
20. *Отладка* и опытная эксплуатация комплексов программ АСУ / А.Г. Мамиконов, С.А. Косяченко, В.В. Кульба, А.Д. Цвиркун — М.: ИПУ РАН, 1979.
21. *Модели*, методы и средства анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем / В.В. Кульба, Г.З. Казиев, Н.А. Кузнецов, А.Б. Шелков // Автоматика и телемеханика. — 1993. — № 6.
22. *Кульба В В., Пелихов В П.* Задачи анализа и синтеза систем защиты и контроля при обработке данных в АСУ. — М.: ИПУ РАН, 1980.
23. *Кульба В.В., Мамиконов А.Г., Пелихов В.П.* Определение вероятностных характеристик метода контроля с обратной связью для марковского и полумарковского процессов возникновения ошибок // Автоматика и телемеханика. — 1980. — № 10.
24. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Сомов С.К.* Анализ стратегий резервирования программных модулей и информационных массивов в сетях ЭВМ // Автоматика и телемеханика. — 1984. — № 2.
25. *Методы* повышения достоверности и сохранности информации в АСУ (обзор) / В.В. Кульба, А.Б. Шелков, А.Г. Мамиконов, В.П. Пелихов // Там же. — 1985. — № 2.
26. *Выбор* методов повышения сохранности информации на магнитных носителях / В.В. Кульба, В.В. Липаев, А.Г. Мамиконов, А.Б. Шелков // Там же. — 1985. — № 1.
27. *Кульба В.В., Мамиконов А.Г., Лутковский Ю.П.* Анализ предметной области банков данных и построение оптимальных структур баз данных с учетом требований к достоверности информации. — М.: ИПУ РАН, 1985.
28. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Шелков А.Б.* Достоверность, защита и резервирование информации в АСУ. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
29. *Обобщенная* модель резервирования программных модулей и информационных массивов в АСУ / В.В. Кульба, А.Б. Шелков, А.Г. Мамиконов, Б.Ю. Наткович // Автоматика и телемеханика. — 1986. — № 9.
30. *Использование* сетей Петри при проектировании систем обработки данных / А.Г. Мамиконов, Я. Деметрович, В.В. Кульба и др. — М.: Наука, 1986.
31. *Использование* сетей Петри с разноцветными маркерами для анализа эффективности механизмов защиты данных в базах данных / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, Ш.Б. Китапбаев, А.Р. Швецов. — М.: ИПУ РАН, 1988. — 50 с.
32. *Кульба В.В., Сомов С.К., Шелков А.Б.* Резервирование данных в сетях ЭВМ. — Казань: Изд-во КГУ, 1987.
33. *Восстановление* информации в системах обработки данных / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, Б.Ю. Наткович, А.Б. Шелков. — М.: ИПУ РАН, 1988.
34. *Резервирование* баз данных в АСУ / В.В. Кульба, А.Г. Мамиконов, Б.Ю. Наткович, А.Б. Шелков // Автоматика и телемеханика. — 1991. — № 1.
35. *Мамиконов А.Г., Кульба В.В., Швецов А.Р.* Модифицированные сети Петри. — М.: ИПУ РАН, 1991.
36. *Кульба В.В., Урбански Ф., Шелков А.Б.* Структурно-технологическое резервирование и особенности его использования в ЛВС // Research report. — 1993. — № 5.
37. *Методы* повышения эффективности и качества функционирования автоматизированных информационно-управляющих систем / В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, Т.В. Карсанидзе и др. / Под ред. И.В. Прангишвили. — М.: Компьюлог, 2001. — 344 с.
38. *Кульба В.В., Ковалевский С.С., Шелков А.Б.* Достоверность и сохранность информации в АСУ. — М.: СИНТЕГ, 2003.
39. *Информационная* безопасность систем организационного управления. Теоретические основы: в 2 т. / Н.А. Кузнецов, В.В. Кульба, Е.А. Микрин и др. — М.: Наука, 2006. — Т. 1 — 495 с.; — Т. 2. — 457 с.
40. *Оптимизация* структур данных в АСУ / А.Г. Мамиконов, А.А. Ашимов, В.В. Кульба и др. — М.: Наука, 1988. — 256 с.

41. *Модели* и методы проектирования распределенных баз данных (обзор) /С.А. Косяченко, В.В. Кульба, А.Г. Мамиконов, Н.А. Ужастов // Автоматика и телемеханика. — 1989. — № 3. — С. 3—58.
42. *Задачи* синтеза оптимальных модульных диалоговых систем / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко и др. — М.: ИПУ РАН, 1989. — 42 с.
43. *Промышленная* технология автоматизированного проектирования информационного и программного обеспечения САПР и АСУ на базе типовых модульных систем обработки данных / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, А.Б. Шелков // Вычислительная техника. Системы. Управление. — М., 1989. — Вып. 1.
44. *Методы* типизации при анализе предметных областей пользователей РБД / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко и др. — М.: ИПУ РАН, 1990.
45. *Оптимизация* структур распределенных баз данных в АСУ / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, Н.А. Ужастов. — М.: Наука, 1990. — 240 с.
46. *Система* автоматизированного проектирования информационно-управляющих систем «Модуль-2» / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, З.В. Карибская и др. — М.: ИПУ РАН, 1991.
47. *Кульба В.В., Сиротюк В.О., Ковалевский С.С.* Синтез оптимальных логических структур и базы данных репозитария распределенных баз данных // Компьюлог. —1998. — № 2. — С. 62—67.
48. *Промышленная* технология и CASE-средства автоматизированного проектирования баз данных / В.В. Кульба, В.О. Сиротюк, С.А. Косяченко и др. — М.: ИПУ РАН, 1999. — 120 с.
49. *Сиротюк В.О.* Модели и методы синтеза оптимальных логических структур и базы метаданных репозитариев распределенных баз данных в АСУ // Автоматика и телемеханика. — 1999. — № 3. — С. 166—179.
50. *Теоретические* основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных / В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко, В.О. Сиротюк. — М.: СИНТЕГ, 1999. — 669 с.
51. *Архипова Н.И., Кульба В.В.* Управление в чрезвычайных ситуациях. — М.: РГГУ, 2008. — 474 с.
52. *Модели*, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций (обзор) / Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Шелков А.Б. // Автоматика и телемеханика. — 1998. — № 6. — С. 3—66.
53. *Управление* риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / Г.Г. Малинецкий, В.В. Кульба, Н.А. Махутов и др.; под ред. И.М. Макарова. — М.: Наука, 2000. — 431 с.
54. *Формирование* сценарных пространств и анализ динамики поведения социально-экономических систем / Д.А. Кононов, В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко. — М.: ИПУ РАН, 1999.
55. *Методы* формирования сценариев развития социально-экономических систем / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, С.А. Косяченко, А.Н. Шубин. — М.: СИНТЕГ, 2004. — 296 с.
56. *Управление* и контроль реализации социально-экономических целевых программ / Под ред. В.В. Кульбы и С.С. Ковалевского. — М.: Кн. дом «Либроком», 2009. — 400 с.
57. *Организационное* управление / Н.И. Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко и др. — М.: РГГУ, 2007. — 733 с.
58. *Ковалевский С.С., Микрин Е.А., Пелихов В.П.* Модели и методы анализа и предупреждения возникновения нештатных ситуаций при управлении функционированием долговременных орбитальных станций. — М.: ИПУ РАН, 2000.



Кульба Владимир Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. лабораторией модульных информационно-управляющих систем ИПУ. Председатель секции «Автоматизированные системы организационного управления и обработки данных» Ученого совета ИПУ, член редколлегии журнала «Проблемы управления». Известный специалист в области информатики и проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем. Автор более 450-ти научных трудов, в том числе более 50-ти монографий. Лауреат Премии им. акад. Б.Н. Петрова Президиума РАН. ☎(495) 334-90-09, ✉ kulba@ipu.ru.

Косяченко Станислав Анатольевич — д-р техн. наук, главный научный сотрудник ИПУ. Известный специалист в области информатики и проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем. Автор более 200 научных трудов, из них более 25-ти монографий. ☎(495) 334-89-59, ✉ urglad@ipu.ru.

Лебедев Виталий Николаевич — канд. техн. наук, зав. лабораторией распределенных автоматизированных информационных систем ИПУ, доцент МФТИ. Более 30 лет занимается разработкой методов и средств создания распределенных автоматизированных информационно-управляющих систем в гетерогенной сетевой и аппаратно-программной среде. Автор более 70-ти научных работ, в том числе 3-х монографий. ☎(495) 334-92-81, ✉ lebvini@ipu.rssi.ru.