

**Модели и алгоритмы комплексного планирования
модернизации и функционирования
катастрофоустойчивой информационной системы**

*Юсупов Р. М., Соколов Б. В., Охтилев М. Ю.,
Потрясаев С. А.*

yusupov@iiias.spb.su, sokol@iiias.spb.su

Санкт-Петербург, Институт информатики и автоматизации РАН

Анализ существующих и прогнозируемых кризисных и чрезвычайных ситуаций, повсеместно возникающих в настоящее время в различных предметных областях, показывает, что они перестают быть отраслевыми, а перерастают в аварии и катастрофы, имеющие уже межотраслевой характер [1]. В этих условиях исследовать и решать проблемы повышения катастрофоустойчивости как конкретных прикладных процессов (бизнес-процессов), так и информационной систем (ИС), обеспечивающих их выполнение, необходимо уже в рамках междисциплинарного подхода, интерпретируя соответствующие задачи как задачи управления структурной динамикой (УСД) указанными процессами и системами [2].

Главная особенность задачи планирования модернизации ИС состоит в том, что переход от «старой» (не являющейся катастрофоустойчивой) ИС к «новой» (модернизированной, катастрофоустойчивой) ИС не может быть проведен мгновенно. На практике это приводит к тому, что на достаточно длительном интервале времени (периоде модернизации ИС) происходит совместная эксплуатация элементов и подсистем «старой» и «новой» ИС. Так, например, создание и ввод в эксплуатацию дублирующих и резервных ИС, располагающихся на значительном расстоянии от основной ИС, предполагает поэтапный ввод элементов и подсистем соответствующих комплексов автоматизации. Однако в этих условиях показатели качества и эффективности бизнес-процессов, поддерживаемых данными ИС, не должны ухудшаться. Таким образом, всякое изменение и развитие той или иной подсистемы (структуры) ИС объективно осуществляется одновременно с решением оперативных (текущих) задач, стоящих перед соответствующей бизнес-системой (БС). Поэтому и возникает необходимость совместной постановки задач комплексного планирования модернизации и функционирования ИС. При этом планирование должно осуществляться комплексно и затрагивать все основные элементы и подсистемы существующей и создаваемой ИС [2, 3, 4]. Совместное решение задач комплексного планирования модернизации и функционирования ИС предполагает: построение соответствующего полимодельного комплекса, описывающего все основные аспекты исследуемых процессов; разработку комбинированных методов, алгоритмов и методик многокритериального полимодельного синтеза программ управ-

ления модернизацией и функционированием существующей и внедряемой ИС.

В ходе проведенных исследований были предложены следующие основные фазы и этапы решения задачи комплексного планирования модернизации и функционирования (задачи выбора оптимальных программ управления структурной динамикой КАИС).

На первой фазе должно осуществляться формирование допустимых вариантов многоструктурных макросостояний КАИС или, говоря другими словами, должен проводиться структурно-функциональный синтез нового облика модернизируемой ИС, соответствующего складывающейся (прогнозируемой) обстановке. В указанной ситуации задачи, решаемые на данной фазе, сводятся к задачам структурно-функционального синтеза КАИС.

На второй фазе проводится выбор конкретного варианта многоструктурного макросостояния КАИС с одновременным синтезом (построением) адаптивных планов (программ) управления переходом КАИС из текущего в требуемое (выбранное) макросостояние. При этом рассматриваемые планы должны обеспечивать такое эволюционное развитие КАИС, при котором наряду с реализацией программ перехода из соответствующих макросостояний предусматривается одновременно и реализация программ устойчивого управления КАИС в промежуточных макросостояниях. На данной фазе приходится решать совокупность частных задач многоуровневой и многоэтапной оптимизации. Обобщенный алгоритм решения данных задач должен включать следующие этапы (шаги) [2].

Шаг 1. В интерактивном режиме осуществляется автоматизированная подготовка, контроль, анализ и ввод всей исходной информации, необходимой для решения задачи управления структурной динамикой КАИС.

Шаг 2. Планирование проведения комплексного моделирования процессов адаптивного управления функционированием и развитием КАИС в текущей и прогнозируемой обстановке, планирование проведения вычислительных экспериментов в имитационной системе (ИМС), определение состава и структуры моделей, методов и алгоритмов решения частных задач моделирования, расчет времени, необходимого для решения указанных задач.

Шаг 3. Генерирование, на основе проведения комплексного моделирования, допустимых вариантов функционирования КАИС в исходном, промежуточных и требуемых многоструктурных макросостояниях, вывод результатов моделирования ЛПР, предварительный интерактивный структурно-функциональный анализ указанных результатов моделиро-

вания; формирование классов эквивалентных многоструктурных макросостояний КАИС.

Шаг 4. Автоматизированный ввод допустимых вариантов функционирования КАИС, проверка корректности заданной системы ограничений, окончательный выбор необходимого уровня агрегирования при описании моделей УСД КАИС, вычислительной схемы и плана вычислительных экспериментов по поиску оптимальных программ УСД КАИС.

Шаг 5. Поиск оптимальных программ управления структурной динамикой КАИС, при которых обеспечивался переход из заданного в синтезируемое многоструктурное макросостояние КАИС, устойчивое управление функционированием КАИС в промежуточных многоструктурных макросостояниях.

Шаг 6. Имитация условий реализации оптимального плана управления переходом КАИС из текущего в требуемое (выбранное) макросостояние при наличии возмущающих воздействий и с учетом различных вариантов их компенсации на основе методов и алгоритмов оперативного управления.

Шаг 7. Структурная и параметрическая адаптация плана, СПМО и информационного обеспечения ИмС к возможным (прогнозируемым на имитационных моделях) состояниям объекта управления (ОУ), управляющей подсистемы (УП), внешней среды. В ходе указанной адаптации, кроме того, вводится необходимый уровень структурной избыточности КАИС, обеспечивающий на этапе реализации плана компенсацию не предусмотренных в плане возмущающих воздействий.

После проведения требуемого числа вычислительных экспериментов осуществляется оценивание устойчивости сформированного адаптивного плана УСД КАИС.

Шаг 8. Вывод полученных результатов комплексного адаптивного планирования применения КАИС, их интерпретация и коррекция ЛПР.

Одно из главных достоинств предлагаемого метода поиска оптимальных программ УСД КАИС состоит в том, что в ходе формирования вектора программных управлений в финальный момент времени, наряду с оптимальным планом, одновременно получаем и то искомое многоструктурное макросостояние, находясь в котором КАИС сможет выполнять поставленные перед ней задачи в складывающейся (прогнозируемой) обстановке с требуемой степенью устойчивости.

В настоящее время разработаны комбинированные методы и алгоритмы решения задач выбора оптимальных программ УСД КАИС в централизованном и децентрализованном режимах ее функционирования. В качестве базового метода предложено использовать сочетание метода ветвей и границ и метода последовательных приближений. Теоретическое

обоснование данного метода основано на доказанной теореме о свойствах релаксированной задачи выбора оптимальной программы УСД КАИС. Особенности реализации предлагаемого комбинированного метода исследованы при решении различных прикладных задач [2, 3, 4].

При исследовании различных классов задач УСД КАИС были предложены алгоритмы параметрической и структурной адаптации соответствующих моделей, основанные на методах нечеткой кластеризации и анализа иерархий, методах аналитико-имитационного моделирования. Кроме того, для проверки конструктивности использования предлагаемого подхода к решению рассматриваемых задач осуществлялась разработка прототипа программного обеспечения процессов поиска оптимальных вариантов УСД КАИС различного целевого назначения [2].

Работоспособность программного комплекса была проверена на примере решения задач планирования модернизации и функционирования центра управления полетами навигационными космическими аппаратами (ЦУП НКА). Разработаны и исследованы несколько прототипов программ, реализующих решения перечисленных задач. В докладе приводятся результаты исследования устойчивости планов совместного функционирования основного и дублирующего ЦУП НКА при различных сценариях воздействия внешней среды. Для описания моделей планирования в разработанном программном комплексе используется широко распространенный сегодня язык XML. Применение XML позволяет в одном файле хранить как исходные данные модели (процессы, ресурсы и их характеристики), так и результаты выполнения алгоритма построения оптимального плана, а также обеспечивает простоту сопряжения с другими программными комплексами, с помощью которых решаются задачи оптимального распределения ресурсов, отображения полученных результатов, интерактивного взаимодействия с лицом, принимающим решения.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (гранты № 07-07-00169, № 06-07-89242, № 05-08-18111), ОИТВС РАН (проект № 2.5), СПб Научного Центра РАН (проект № 112).

Литература

- [1] Юсупов Р. М. Наука и национальная безопасность. — М: Наука, 2006. — 290 с.
- [2] Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М: Наука, 2006. — 410 с.
- [3] Калинин Б. Н., Соколов Б. В. Многомодельный подход к описанию процессов управления космическими средствами // Теория и системы управления. — 1995. — № 1. — С. 56–61.

- [4] *Соколов Б. В., Юсупов Р. М.* Комплексное моделирование функционирования автоматизированной системы управления космическими аппаратами // Проблемы управления информатики. — 2002. — № 5. — С. 103–117.