

**МНОГОВЕРСИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ОБЪЕКТАХ КРИТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Рассмотрено использование многоверсионного подхода в моделировании информационных процессов в объектах критического применения. Выделены классы моделей, соответствующие системным требованиям. Установлено соотношение версий различных классов моделей. Предложена модифицированная последовательность моделирования с использованием многоверсионного подхода.

Современные компьютерные системы оказывают все большее влияние на общество. Это особо проявляется при отказах, дефектах, приводящих к материальным потерям, экологическим катастрофам или гибели людей. Классификацию систем и комплексов критического применения дополняют медицинские информационные системы [1]. Несмотря на то, что такие системы не создаются по уникальным проектам, от качества функционирования блоков системы зависит жизнь людей в отделениях интенсивной терапии и др. В [2] показано, что гарантоспособность компьютерной системы зависит не только от продуктов разработки, но и от процессов их создания, таких как проектирование, тестирование, верификация и т.д. Медицинские информационные системы — динамично развивающийся вид аппаратно-программных продуктов. Как указывается в [2], для аппаратной части компьютерных систем методы анализа отказоустойчивости достаточно хорошо развиты, в то время как программное обеспечение требует повышенного внимания. Поиск возможных ошибок и уточнение характеристик системы происходит на начальном жизненном цикле — моделировании системы.

Актуальной становится задача создания комплексных программных средств, ориентированных на моделирование информационных процессов вновь создаваемых систем, так и с целью моделирования и оптимизации функционирования существующих. Посредством моделирования осуществляется управление существующей компьютерной системой критического применения, анализом ситуаций по принципу «что будет, если», оценкой изменения характеристик системы в зависимости от управляющих алгоритмов и пр.

При разработке и реализации компьютерных систем критического применения давно реализуется принцип разнообразия и многоуровневой защиты от отказов системы. Согласно этому принципу осуществляется не только анализ различных вариантов построения системы, но и их реализацию на практике. Проводя параллель между физически существующей компьютерной системой и ее моделью, стоит отметить тот же набор проблем для виртуальных систем, расположенный лишь в другой плоскости — проблемы адекватности модели и точности результатов моделирования. Расширить область применения моделирования систем критического применения может использование апробированного принципа многоверсионности, что оправданно по ряду причин. Обеспечение точности результатов с учетом имеющихся характеристик системы и временных ограничений достижимо введением и использованием функции управления адекватностью и реактивностью, базирующейся на многоверсионном подходе к моделированию.

Целью статьи является анализ и выделение классов моделей, отвечающих системным требованиям моделирования, описание взаимоотношений классов и версий моделей, составляющих многоверсионную систему моделирования с функциями управления реактивностью.

Основываясь на описании многоверсионных проектов [1], необходимо выделить версионные классы моделей, удовлетворяющие системным требованиям моделирования, описать в составе единого многоверсионного комплекса модели с частичным совмещением версий и функций.

Управление реактивностью системы осуществляется посредством карты выбора модельной версии.

Рассмотрим систему моделирования, выполняющую множество функций моделирования $\Phi = \{\varphi_i\}_{i=1}^a$ посредством преобразования входных параметров в выходные. Такая система может быть задана в виде $S = \{\Phi, X, Z, U\}$, где $X = \{X_f\}_{f=1}^b$ — множество входных параметров; $Z = \{Z_k\}_{k=1}^c$ — множество выходных параметров; $U = \{U_l\}_{l=1}^d$ — множество сигналов настройки и выбора выполняемых функций.

Каждая функция φ_i определяет соответствие последовательности входных параметров $x_i \in X$ и выходных $z_k \in Z$.

Версией V_{ij} функции φ_i определим вариант ее адекватной реализации с помощью различных методов моделирования, типов моделей, языков моделирования. Нетривиальные альтернативные версии $V_{ij} \neq V_{ij}$ могут быть получены при использовании различных методов моделирования, типов моделей,

языков моделирования. Каждой функции φ_i ставится в соответствие конечное множество $V_i = \{V_{ij} \}_{j=1}^{e_i} = 1$ и их альтернативные версии $(e_i = \overline{1, e_{i\max}})$.

Система моделирования является многоверсионной в случае если она представлена множеством версий V_{ij} на подмножестве $\Delta\Phi_k \in \Phi$ и хотя бы для одной из функций $\varphi_i \in \Delta\Phi_k$ задан закон или функция φ_i , по которой выполняется следующее:

- осуществляется выбор альтернативной версии $V_{ij} \in V_i$ реализации функции φ_i ;
- инициируется выполнение функции φ_i по заданным правилам;
- осуществляется обработка результатов выполнения функции φ_i , т. е. формирование выходных параметров Z_i системы по выходным параметрам $Z_{ij} = Z(V_{ij})$, полученным по каждому из вариантов.

Исходя из возможностей реализации методов моделирования, выделены модели с независимой реализацией версий и частичным совмещением функций, а также с частичным совмещением функций и версий. Выполнение функции Ψ_i в системах $\tilde{S}_{\Phi, V}^{\bar{Y}, \bar{Y}}$ частично дублируется различными альтернативными версиями, которые не имеют общих программных (методических) компонентов. Графически описываемую парадигму иллюстрирует рисунок 1.

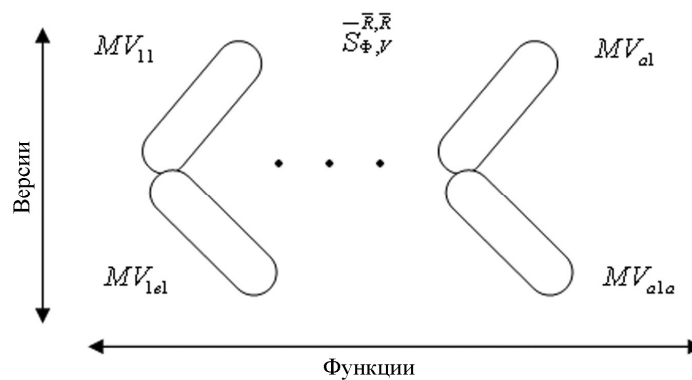


Рисунок 1 — Многоверсионная система моделирования с независимой реализацией версий V_{ij} и частичным совмещением функций φ_i

На рисунке 2 изображено соотношение версий V_{ij} и функций φ_i многоверсионной системы моделирования с частичным совмещением функций и версий $(\tilde{S}_{\Phi, V}^{\bar{Y}, \bar{Y}})$.

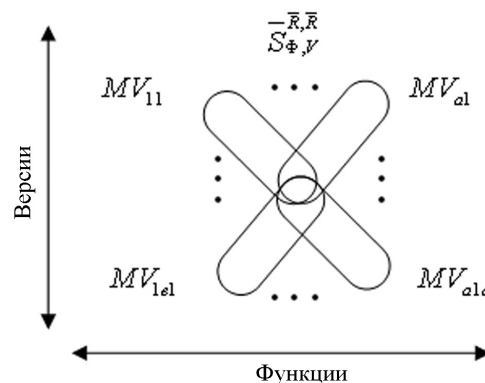


Рисунок 2 — Многоверсионная система моделирования с частичным совмещением функций φ_i и версий V_{ij}

Многоверсионная система моделирования информационной системы объекта критического применения является совокупностью версий $\tilde{S}_{M, V} := \{V_1, V_2 \dots V_n\}$. Деление версий моделей на классы (рисунок 3) позволяет формализовать выбор модели в классе и установить отношения между классами (группами версий V_i) моделей. Группы моделей V_{1j} и V_{2j} , изображенные на рисунке 3, представляют собой многоверсионные блоки моделирования с частичным совмещением функций φ_i и частичным

совмещением версий V_{1j} . Совместно блоки моделей V_{1j} и V_{2j} образуют систему моделирования $\tilde{S}_{M,V}$ с частичным совмещением функций ϕ_i и независимой реализацией версий V_{ij} .

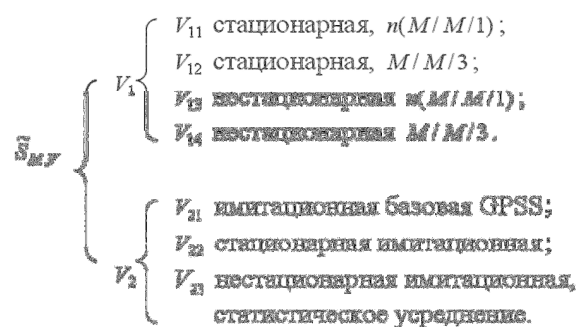


Рисунок 3 — Отношения версий V_{ij} моделей многоверсионной системы моделирования $\tilde{S}_{M,V}$

Предлагаемая технология повышения точности моделирования с использования многоверсионных адаптивных моделей хорошо согласуется с современным направлением развития компьютерных вычислительных систем, реализующих параллельные вычисления, и позволяет ввести взаимную верификацию результатов моделирования в случае анализа перспективных конфигураций исследуемой системы.

Остановимся на вопросах выбора методов моделирования информационных систем объектов критического применения. Основные технологии моделирования систем обработки данных — аналитическое и имитационное. Преимущества и недостатки каждой технологии подробно описаны в [3].

Критерии выбора типа модели противоречивы, а именно:

- модель должна быть достаточно адекватной;
- точность результатов моделирования может варьироваться в некоторых пределах, быть относительно низкой в случае оценочного моделирования и высокой в случае принятия решений по управлению в критической ситуации;
- умеренные либо вариативные затраты времени и вычислительных ресурсов для выработки эффективного решения;

Таким образом, процесс получения результатов моделирования с интеграцией выбора типов моделей V_i , модельных версий V_{ij} и взаимной верификацией результатов моделирования пошагово представлен в таблице 1.

Таблица 1 — Действия с модельными версиями при многоверсионном моделировании

№ этапа	Этап моделирования	Варианты выбора версий моделей, действия с ними
1	Выбор типа модели	Аналитическая, имитационная модель
2	Выбор версии модели	Аналитическая модель из класса V_1 Имитационная модель из класса V_2
3(а)	Моделирование, получение результатов	Только для модели класса V_1
3(б)	Управление прогонами, статистическая обработка результатов	Только для модели класса V_2
4	Взаимная верификация результатов моделирования	Учитывая методическую ошибку результатов аналитического моделирования и погрешность имитационного, проводить оценку результатов моделей классов V_1 и V_2 .

На основании приведенной информации создана многоверсионная методика моделирования информационных систем и процессов объектов критического применения. Данная методика использована для создания системы моделирования с функциями поддержки принятия решений управлению медицинской приборно-компьютерной системой с целью повышения качества функционирования в критических ситуациях. Использование моделей различных классов (V_1 и V_2) позволяет проводить взаимную верификацию результатов и управлять реактивностью системы моделирования. На рисунке 4 показаны характеристики аналитического и имитационного моделирования элементарной системы обработки данных, описываемой как система массового обслуживания типа М/М/1.

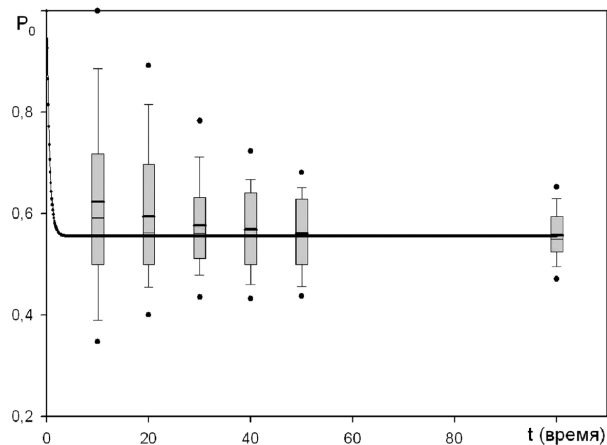


Рисунок 4 — Вероятности P_0 результатов аналитического (линия) и имитационного (диапазон) моделирования при малых длинах прогона ИМ

Зависимость характеристик от времени в случае использования аналитической модели достигнута за счет применения численных методов решения дифференциальных уравнений. Из графиков вероятностей свободного состояния устройств обработки информации (P_0), изображенных на рисунке 4, следует достаточно быстрая сходимость результатов моделей различных классов. Использование многоверсионного подхода позволяет выбирать класс и тип модели в соответствии с решаемыми задачами, экономя время для получения результата.

Реактивность является важной характеристикой моделирования в случае необходимости принятия решений в ограниченное время, что особенно важно в управлении информационными системами объектов критического применения. Объединение моделей классов V_1 и V_2 в единый комплекс моделирования предоставляет исследователю выбор инструментов: преимущества имитационного моделирования — использование наиболее адекватных моделей, использование аналитического моделирования — быстрое получение результата с необходимостью учета методической погрешности. При работе с комплексом моделирования оператору предлагается карта использования версий моделей (таблица 2). Входные точки в таблицу 2 — уровень реактивности системы моделирования и уровень точности получаемых результатов. Отсутствие версий моделей для низких уровней точности и реактивности объясняется большой свободой выбора в данной ситуации и возможностью задействовать практически все модели класса V_1 . Отсутствие предлагаемых версий для высоких уровней точности и реактивности связано с невозможностью обеспечения одновременно высоких показателей по конкурирующим требованиям реактивности и точности.

Таблица 2 — Карта выбора версий моделей

Уровни точности	Уровни реактивности		
	низкая	средняя	высокая
высокий	V_{23}	V_{23}	—
средний	V_{21}, V_{22}	V_{21}, V_{22}	$V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}$
низкий	—	$V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}$	$V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}$

Применение в комплексе моделирования и СППР многоверсионного подхода с выбором версий моделей позволило в среднем на 15 % сократить время получения результата оператором и организовать адаптивный интерфейс, подстраивающийся под квалификацию оператора и априорные знания о моделируемых процессах. Кроме того результаты, полученные с использованием аналитических методов моделирования могут быть верифицированы другими методами, что позволяет в полной мере использовать преимущества тестирования по методам «белый ящик» и «черный ящик».

Продолжение исследований автор видит в дальнейшей разработке методов многоверсионного моделирования, установления более точных соотношений результатов, получаемых с помощью различных методов моделирования информационных процессов (например, метод агрегатов, диффузионных моделей массового обслуживания), создание карт методических погрешностей моделей, используемых в многоверсионных проектах моделирования.

Библиографический список

1. Харченко В.С. Многоверсионные системы, технологии, проекты / Харченко В.С. — Харьков: Изд-во Нац. аэрокосм. ун-та «Харьк. авиац. ин-т», 2003. — 486 с.
2. Харченко В.С. Выбор моделей оценки надежности программных средств для систем критического применения / Харченко В.С., Скляр В.В., Вилкомир С.А. // Управляющие системы и машины. — 2000. — № 3. — С. 59 — 69.
3. Бахарева Н.Ф. Проблема совершенствования методов моделирования сложных систем / Бахарева Н.Ф., Тарасов В.Н. // Вестник Оренбург. гос. ун.-та, 2002. — № 5. — С. 162 — 168.

Поступила в редакцию 14.04.08 г.