

УДК 681.3.05

## Метод построения имитационной модели адаптивных консервативных интеллектуальных систем

И.Н.КРАВЧЕНЯ

### 1. Особенности адаптивных консервативных интеллектуальных систем

Адаптивные консервативные интеллектуальные системы (АКИС) представляют собой класс сложных систем, которые обладают следующими особенностями. Такие системы по логике поведения самодостаточны и идеально спроектированы. Невозможность изменения состава, структуры и связей компонентов системы определяет их консервативность. АКИС имеют возможность адаптации своего поведения и перехода в различные состояния при изменении внешней среды. Каждая компонента АКИС обладает своим «интеллектом» поведения в виде сложно организованного алгоритма принятия решений и передачи информации по иерархии управляющих воздействий на компоненты нижнего уровня функционирования. Алгоритм поведения компонентов АКИС известен исследователю не полностью. Поэтому любое исследование поведения АКИС осуществляется с высокой долей неопределенности. При этом высока вероятность многозначности поведения одного и того же компонента при одних и тех же условиях и внешних воздействиях на систему. Существует трудность реализации многоуровневой декомпозиции системы из-за разно-масштабности во времени процессов, протекающих на разных уровнях иерархии связей компонент АКИС. Многофункциональный характер использования компонент АКИС определяет необходимость отображения баланса расхода и воспроизведения ресурсов и показателей функциональных возможностей компонентов АКИС при их моделировании. Трудность измерения характеристик АКИС в реальных условиях для анализа и построения моделей процессов определяется сложностью и наличием трудно разделяемых связей, отсутствием необходимых регистрирующих устройств и многообразием ситуаций и состояний компонентов АКИС. Это приводит к тому, что большинство удачных попыток измерений характеристик АКИС имеет лабораторный характер.

Типовым примером АКИС является организм человека (ОЧ). Определение организма человека в качестве примера АКИС обусловлено следующими причинами:

- невозможностью отображения процессов в ОЧ на уровнях: молекулярно-генетическом, физиологии функционирования его подсистем; нейропсихическом;
- единственно достижимым по возможности получения информации и по контролю за динамикой развития процессов в ОЧ является функционально-логический уровень взаимодействия органов, подсистем и воздействий внешней среды;
- на функционально-логическом уровне осуществляется рассмотрение функционирования ОЧ врачами в поликлиниках и больницах, в популярной медико-оздоровительной литературе, в медицинской монографической литературе;
- функционально-логический уровень позволяет использовать типовые анализы, выполненные согласно существующей технологии обследования больных и принимать во внимание диагностические заключения врачей, формируемые по типовым методикам.

Как правило, для исследования ОЧ аналитические модели неадекватны, и поэтому существует необходимость повышения уровня детализации процессов в ОЧ, что приводит к использованию имитационных моделей (ИМ). Но имитация является весьма ресурсоемкой операцией, и при существующих методиках имитации процессов на ЭВМ и средствах их реализации невозможно поставить необходимые имитационные эксперименты (ИЭ). Это об-

стоятельство является причиной актуальности разработки метода и средств имитационного моделирования, когда в качестве АКИС рассматривается одна из важнейших систем жизнеобеспечения ОЧ. Такой системой в нашем исследовании выбрана пищеварительная система (ПИЩС) организма человека. Выбор в качестве базового примера ПИЩС ОЧ обусловлен возможностью получения исходной информации и ее наибольшей изученностью. Поэтому в качестве основной задачи исследований определена разработка метода и средств имитационного моделирования АКИС на примере пищеварительной системы ОЧ.

Все ИМ органов ОЧ реализованы в виде программно-технологического комплекса имитации (ПТКИ) процессов в организме человека [1].

## 2. Идея метода построения имитационных моделей АКИС

Метод построения ИМ АКИС состоит в поэтапном использовании средств и способов создания, испытания и использования ИМ АКИС.

Метод основан на применении следующих принципов формализации процессов в АКИС:

- использование транзактов, в теле которых запрограммирован интеллект поведения процессов АКИС;
- имитация поведения подсистем жизнеобеспечения АКИС цепочкой процессов, реализуя, таким образом, многофазное групповое обслуживание транзактов процессами;
- задание функции расхода своих ресурсов процессами с помощью многомерных регрессий;
- организация транспортных и связующих операций между процессами с помощью транзактов с управлением;
- составление уравнения баланса по расходу ресурсов, используя для этой цели графы воздействия факторов внешней среды на компоненты АКИС;
- отображение динамики взаимодействий процессов АКИС с использованием диаграмм их перехода в критические состояния.

Предлагаемый комплекс имитационных моделей компонент АКИС характеризуется следующими особенностями:

1. В концепции комплекса ИМ реализована схема декомпозиции АКИС на подсистемы и используются принципы детального моделирования каждой подсистемы и компонент АКИС. Каждой компоненте или подсистеме АКИС соответствует своя ИМ, построенная с высокой степенью детализации динамики функционирования процессов в АКИС. Причем все эти составляющие ИМ АКИС связаны между собой по параметрам и потокам информации. Основной связующей структурной единицей ИМ АКИС является информационная база данных (ИБД).

2. В состав комплекса входят детальные ИМ подсистем и процессов АКИС. В этих моделях используются регрессионные зависимости для расчета текущих значений параметров, а также учтены основные алгоритмы функционирования компонент имитируемых процессов в подсистемах АКИС, а также функциональные связи и внутренний параллелизм протекающих в них процессов. Разработать ИМ АКИС высокой степени детализации оказалась возможной благодаря использованию в качестве базовой СМ МІСІС [2]. Важно отметить, что модели компонент АКИС существуют в виде универсальных, параметризованных «заготовок», требующих калибровки под конкретную АКИС [3, 4].

3. В комплексе ИМ АКИС использован принцип настройки универсальных моделей процессов и подсистем под конкретную версию на этапах их калибровки и верификации. Для этой цели используется исходная информация, полученная в ходе анкетирования конкретной АКИС, результаты обработки данных натуральных исследований состояний ее подсистем и процессов для формирования базовых расписаний моделирования внешних воздей-

вий и подготовки информации для верификации алгоритмов компонент ИМ АКИС по данным натурных экспериментов с реальными АКИС.

4. При разработке комплекса ИМ АКИС применен метод итеративного использования результатов предыдущей имитации для очередного шага калибровки ИМ АКИС. Часть параметров каждой компоненты ИМ АКИС отражает влияние «внешней среды», которой для данной компоненты АКИС являются другие компоненты и процессы ИМ АКИС.

5. Осуществляется многоуровневая параметризация ИМ АКИС и их подсистем. Можно выделить две группы параметров: калибровки компонент ИМ АКИС и варьируемые параметры для исследования динамики поведения АКИС во времени.

6. Применяется многоэтапный характер реализации и использования ИМ АКИС. В общем случае можно выделить следующие этапы реализации и использования ИМ АКИС:

1. Разработка библиотеки ИМ компонент АКИС.
2. Создание универсальной ИМ конкретного варианта АКИС.
3. Подготовка исходной информации для имитационного моделирования, верификации и калибровки универсальной ИМ АКИС.
4. Верификация и калибровка ИМ АКИС.
5. Испытание и исследование свойств ИМ АКИС.
6. Эксплуатация ИМ АКИС и принятие проектных решений.

Каждый из этих этапов реализуется определенной последовательностью шагов. Все эти шаги представляет собой модификацию общей методики построения ИМ сложных систем [2] для такого специфического их типа, какими являются АКИС.

**Этап 1.** Разработка библиотеки компонент АКИС в общем виде реализуется следующей последовательностью шагов:

- составление содержательного описания компонент АКИС;
- разработка концептуальной модели компонент АКИС;
- формальное описание поведения компонент АКИС;
- перевод формального описания в имитационные модели компонент АКИС;
- реализация ИМ (программирование и верификация алгоритмов) компонент АКИС;
- каталогизация созданной ИМ компоненты в библиотеку ИМ компонент АКИС.

**Этап 2.** Разработка конкретного варианта ИМ АКИС реализуется следующей последовательностью шагов:

- определение состава и структуры ИМ АКИС;
- выделение в библиотеке компонент базовых версий компонент АКИС;
- с помощью технологической оболочки базовой СМ МІСІС формирование варианта взаимодействия компонент АКИС.

**Этап 3.** Подготовка исходной информации для верификации, калибровки и «запитки» универсальной ИМ АКИС реализуется следующей последовательностью шагов:

- определение исходной информации для калибровки универсальной ИМ АКИС под уникальный вариант ИМ АКИС;
- определение исходной информации для «запитки» конкретной информацией;

**Этап 4.** Верификация и калибровка ИМ АКИС реализуется следующей последовательностью шагов:

- формирование средствами СМ МІСІС уникальной версии ИМ АКИС;
- верификация алгоритмов поведения компонент ИМ АКИС;
- верификация циклов прямой и обратной связи по информации и управлению;
- калибровка процессов и подсистем ИМ АКИС для отображения поведения конкретной ИМ АКИС.

**Этап 5.** Испытание и исследование свойств ИМ АКИС реализуется следующей последовательностью шагов:

- оценка точности имитации;

- проверка устойчивости алгоритмов имитации;
- анализ стационарности и определение интервала имитации или установка условий окончания ИЭ;

- оценка чувствительности откликов к вариациям параметров ИМ АКИС.

**Этап 6:** Эксплуатация ИМ АКИС реализуется следующей последовательностью шагов:

- выбор состава задач исследования;
- планирование ИЭ и обработка статистики ИЭ;
- анализ динамики поведения, выделение определяющих факторов, поиск узких мест;
- прогнозирование поведения АКИС во времени;
- принятие проектных решений в условиях неопределенности поведения внешней среды АКИС.

Таким образом, идея предлагаемого метода имитационного моделирования АКИС с точки зрения системного анализа основывается на использовании:

- предложенных принципов формализации АКИС;
- новых подходов, связанных с построением математических моделей с помощью формализованных технологических схем проведения исследований;
- итеративного поэтапного алгоритма реализации ИМ компонент АКИС, в котором предусмотрено выполнение шагов, связанных с уточнением исходной информации по результатам калибровки подсистем АКИС;
- средств автоматизации основных этапов построения, испытания и исследования ИМ АКИС, имеющихся в СМ МІСІС и дополненных библиотек ИМ СМ МІСІС.

С помощью разработанного метода можно решить достаточно широкий набор задач исследования динамики поведения АКИС. Выделим в качестве наиболее важных следующие задачи:

1. Составление диаграмм изменения ресурсов компонент АКИС и определение мест и условий возникновения дефицита ресурсов компонент АКИС.
2. Ранжирование факторов, действующих на АКИС по степени их влияния на величины дефицита ресурсов и компонент АКИС.
3. Анализ развития во времени патологии функционирования компонент АКИС из-за снижения ресурсов или ухудшения регулирующих и компенсаторных циклов взаимодействия компонент АКИС.

В заключение отметим специфику эксплуатации конкретных вариантов ИМ АКИС, заключающуюся в том, что разные группы пользователей могут использовать одни и те же модели и технологии их применения для различных задач анализа поведения АКИС во времени.

### Abstract

The method of simulation modeling of adaptive conservative intellectual systems is offered.

### Литература

1. Кравченя И.Н., Левчук В.Д., Максимей И.В., Пикуль А.В., Седой В.П., Сукач Е.И. Программно-технологический комплекс исследования на ЭВМ динамики изменения ресурсов систем жизнеобеспечения человеческого организма // Известия ГГУ им.Ф.Скорины, № 6 (15). – Гомель: ГГУ им.Ф.Скорины, 2002. – С. 31-35.
2. Задачи и модели исследования операций. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие / И.В. Максимей, В.Д. Левчук, С.П.Жогаль, В.П. Подобедов. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.

3. Кравченя И.Н. Интеллектуальная база имитации и исследования процессов в организме человека // Электронное моделирование (март-апрель). – Т. 24. – № 2. – Киев, 2002. – С. 106–112.

4. Кравченя И.Н., Максимей И.В., Пикуль А.В., Седой В.П. Имитационное моделирование основных процессов в человеческом организме // Кибернетика и вычислительная техника № 134. – Киев 2002. – С.12–27.

Белорусский государственный  
университет транспорта

Поступило 7.04.03

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ