

УДК 681.3.05

## Программно-технологический комплекс исследования на ЭВМ динамики изменения ресурсов систем жизнеобеспечения человеческого организма

И.Н.КРАВЧЕНЯ, В.Д.ЛЕВЧУК, И.В.МАКСИМЕЙ,  
А.В.ПИКУЛЬ, В.А.СЕДОЙ, Е.И.СУКАЧ

### 1. Введение

Проблеме исследования динамики функционирования систем жизнеобеспечения человеческого организма (СЖЧО) уделяется все возрастающее внимание. Известны успешные попытки математического моделирования различных сторон функционирования СЖЧО [1, 2]. Как правило используются аналитические или регрессионные модели, объясняющие многие процессы в человеческом организме (ЧО). Но зачастую эти модели не обеспечивают необходимого уровня точности моделирования. Поэтому исследователи стремятся повышать уровень детализации моделируемых явлений и использовать при этом имитацию на ЭВМ реальных процессов. Однако имитация обычно требует больших затрат ресурсов ЭВМ и исследователи вынуждены прибегать к специальным средствам автоматизации имитационного эксперимента (ИЭ). При этом весьма существенно использовать средства ИЭ, обеспечивающие высокий уровень технологии разработки имитационных моделей (ИМ) функционирования СЖЧО и предметно-ориентированные на потребности практикующих врачей и работников здравоохранения. Отсутствие таких средств определило актуальность разработки предметно-ориентированного на имитацию процессов в СЖЧО программно-технологического комплекса исследования (ПТКИ) динамики поведения ЧО.

### 2. Состав и структура комплекса

ПТКИ реализован как предметно-ориентированное расширение системы моделирования МІСІС [3]. Имитация событий в СМ МІСІС основана на сочетании транзактного и процессного способов организации квазипараллелизма в ИМ. В состав ПТКИ входят: базовая СМ МІСІС; библиотека процедур испытания и исследования свойств ИМ СЖЧО (LIB.ISPI); технологическая оболочка (TECHNOL) обеспечения ИЭ в среде СМ МІСІС; библиотека процедур принятия решений (LIB.RECH); библиотека ИМ подсистем и органов ЧО (LIB.ORGН); подпрограммы обработки анкетной информации и ЧО (ПП ANAL); информационная база данных моделирования (ИБДМ); набор имитационных подмоделей СЖЧО. Функциональную часть ПТКИ составляют три ИМ функционирования основных СЖЧО: пищеварения (ИМ ПСЧ); дыхания и кровообращения (ИМ ДЫХ); энергетического обеспечения (ИМ ЭНЕ). Эти ИМ построены в среде СМ МІСІС с использованием LIB.ORGН.

### 3. Имитационные модели ПТКИ

ИМ ПСЧ скомпонована из трех типов подмоделей из LIB.ORGН, каждый из которых отражает функционирование:

- основных органов системы пищеварения (ротовая полость (РОТП), желудка (ЖЕЛД), двенадцатиперстной кишки (ДВПК), тонкого и толстого кишечника (ТНКИ и ТОЛС));
- органов – желез систем пищеварения и выделения (печени (ПЕЧН), желчного пузыря (ЖЕЛП), поджелудочной железы (ПЖЕЛ), почек (ПОЧК), мочевого пузыря (МОЧП));



– подсистем, регулирующих физиологические процессы в ЧО (нервная (НЕРВ), мышечно-двигательная (МЫШЧ), половая (ПОЛ), психическая (ПСИХ), иммунная (ИМУН), эндокринная (ЭНДО), лимфатическая (ЛИМФ)).

Первый тип подмоделей отображает разные стадии переработки пищи, поступающей в ЧО квантами из внешней среды по заданному расписанию питания для конкретного ЧО<sub>j</sub>. Кванты пищи моделируются транзактами пищи (TRPI), которые движутся от одной подмодели к другой подмодели первого типа согласно «траектории» переработки пищи органами (РОТП, ЖЕЛД, ДВПК, ТНКИ, ТОЛС). Синхронизация этапов обработки TRPI подмоделями этих органов ЧО обеспечивается системой управляющих сигналов, вырабатываемых подмоделями органов.

Второй тип ИМ имитирует процессы, функционирующие круглосуточно, путем формирования и обслуживания транзактов-имитаторов поступления желчи, поджелудочного сока, мочевины, урины. Отметим что, ИМ желчного и мочевого пузырей (ЖЕЛП и МОЧП) представляют собой имитаторы накопления соответствующих транзактов и затем выделения порций желчи и мочи соответственно в ДВПК или во внешнюю среду ЧО. Завершаются эти фазы обслуживания этих транзактов имитаторов (TRGE, TRPG, TRUR) уничтожением обслуженных транзактов.

В третий тип ИМ входят все подсистемы, обеспечивающие реализацию физиологических процессов в органах ЧО. Функциональная связь между органами ЧО и подмоделями третьей группы организуется с помощью множества индикаторов их состояния ( $IS_j$ ). В зависимости от уровня каждого  $IS_j$  модифицируется расход ресурсов каждого органа и результат выполнения органами основных функций.

ИМ ДЫХ состоит из подмоделей, имитирующих процессы выделения из крови  $CO_2$  и поглощения кислорода легкими (ЛЕГК), переноса кислорода сосудистой системой (СОСД) сердцем (СЕРД), восстановления состава крови кроветворной системой (КРОВ), выработки  $CO_2$  всеми органами ЧО. Эта группа подмоделей органов и подсистем ЧО также функционирует непрерывно в течении суточного цикла. ИБДМ служит для имитации процессов обеспечения сосудистой подсистемой ЧО питательными веществами всех органов и подсистем ЧО. Ее назначение состоит также в обеспечении баланса поступления и расхода питательных веществ и ресурсов органов ЧО.

ИМ ЭНЕ имитирует процессы поступления энергии космоса и распределения ее между органами ЧО с помощью источников-распределителей этой энергии обычно называемых чакрами. Реализовано семь имитаторов (ШАКР<sub>k</sub>). Каждая из ШАКР<sub>k</sub> в соответствии со своей диаграммой изменения уровня энергетике органов ЧО в течении суточного цикла обслуживает конкретную группу подмоделей органов ЧО. Алгоритм обслуживания чакрами органов предусматривает формирование соответствующего уровня индикаторов  $IS_j$ . Для этого в качестве исходной информации задаются свои значения графиков распределения энергетике чакр каждому органу.

Переменными ИМ являются многомерные векторы, отображающие воздействие:  $i$ -го органа на  $l$ -й орган ( $X_{il}$ ); индивидуальные особенности  $i$ -го органа  $k$ -го типа ( $G_{ik}$ ); статистики моделирования ( $ST_{ik}$ ); влияние внешней среды  $г$ -го класса ( $\Phi_{ir}$ ). Основной характеристикой уровня здоровья ( $УЗ_j$ ) ЧО<sub>j</sub> является остаточный ресурс  $i$ -го органа ( $RES_{ij}$ ). Все алгоритмы ИМ органов и подсистем ЧО<sub>j</sub> представляют собой регрессионные модели расчета  $RES_{ij}$  по значениям индикаторов  $IS_j$ , вычисляемых на очередном такте изменения модельного времени ( $\Delta t_0$ ). Для каждой ИМ органа в момент времени ( $t_0 + \Delta t_0$ ) перевычисляются текущие значения  $RES_{ij}$  и индикаторов  $IS_j$ . Введено понятие пороговых значений  $RES_{ij}$ . Переход порогов приводит к изменению уровней патологии ЧО<sub>j</sub> (ПТ<sub>ij</sub>). В качестве внешней среды к ИМ используется генератор транзактов GETRPI и набор устройств-имитаторов воздействия внешней среды и оздоровительных процедур.



#### 4. Программы технологического обеспечения ИЭ

В состав TECHNOL входят подпрограммы, обеспечивающие: диалоговое взаимодействие исследователя с ПТКИ (ПП.МЕНЮ); модификацию состава и структуры ИМ подсистем и органов (ПП.МОДИФ); постановки затравочных экспериментов (ПП.ZATR); «запитки» ИМ исходной информацией (ПП.ЗАПИТК), «калибровки» параметров ИМ (ПП.КАЛИБР). Связь между ИМ и этими подпрограммами обеспечивается с помощью массива (MSU).

Библиотека LIB.ISPI включает в себя подпрограммы: оценки точности имитации (ПП.ТОЧНОСТЬ); определения длительности переходного периода в ИМ (ПП.ПЕРИОД); верификации алгоритмов имитации (ПП.ВЕРИФИК); оценки чувствительности моделей (ПП.ЧУВСТВИТ); проверки адекватности ИМ реальному ЧО; (ПП.АДЕКВАТ).

Библиотека LIB.RECH является универсальной вспомогательной подсистемой СМ МІСІС, включенной в состав ПТКИ, и обеспечивает следующие технологические операции ИЭ: планирование ИЭ (ПП.ПЛАН), обработку стандартной статистики имитации СМ МІСІС (ПП.STATIST), принятие решений на основе классических критериев в условиях неопределенности и риска (ПП.РЕШЕН).

В состав библиотеки ПП.ANAL входят подпрограммы:

- обработки анкетной информации об образе жизни и поведении человека (ПП.АНКЕТЫ) и формирования файла FL<sub>1</sub>;
- анализа информации о структуре и способе питания ЧО (ПП.ПИТАНИЕ) и формирования файла FL<sub>2</sub>;
- обработки результатов лабораторных исследований объективных характеристик ЧО (ПП.АНАЛИЗЫ) и формирования файла FL<sub>3</sub>;
- анализа диагностических заключений врачей о наличии патологий органов ЧО (ПП.ДИАГНОСТИКА) и формирования файла FL<sub>4</sub>;

Файл FL<sub>1</sub> содержит следующую информацию о ЧО<sub>j</sub>: социальный статус обследуемого (SO<sub>j</sub>); его генетические характеристики (GE<sub>j</sub>); антропологические данные (AN<sub>j</sub>); демографическое положение (DE<sub>j</sub>); экология проживания (ЭК<sub>j</sub>); бытовые условия (БУ<sub>j</sub>); стиль поведения (СП<sub>j</sub>). В файле FL<sub>2</sub> содержится информация о структуре пищи, чистоте продуктов питания, совместимости друг с другом компонентов пищи, ее процентном составе, способе еды, регулярности и темпе приема пищи. Все эта информация представляет собой конкретные значения компонент вектора структуры питания (ПИ<sub>j</sub>). В файлах FL<sub>3</sub> и FL<sub>4</sub> содержатся данные, которые можно извлечь из историй болезни ЧО<sub>j</sub> по стандартным методикам обследований, практикуемым медперсоналом поликлиник и больниц.

#### 5. Заключение

С помощью ПТКИ можно решить следующий состав задач исследования:

- оценка УЗ<sub>j</sub> отдельных органов и всего ЧО<sub>j</sub>;
- представление динамики изменения во времени жизни УЗ<sub>j</sub> и расхода ресурсов основных органов, а также поиск уязвимых мест и органов для конкретного ЧО<sub>j</sub>;
- прогноз состояния органов на ближайшую перспективу и начала тяжелых заболеваний при сохранении характера и способа питания ЧО<sub>j</sub>;
- моделирование возможных вариаций характеристик здоровья под воздействием внешних условий;
- выработка стратегии оздоровления ЧО<sub>j</sub> за счет изменения образа жизни, состава и структуры питания ЧО<sub>j</sub>.

#### Abstract

The structure of a complex is defined. Features of imitating models of a complex are described.

## Литература

1. С.А.Липтенюк, А.Н.Арингин, Единая информационная система для хранения и обработки медико-экологических данных, Здоровоохранение Беларуси, № 11. Мн.: Полымя, 1993, С. 35-38.
2. Ю.И.Григорьев, Е.Ю.Кочетова, О.Д.Лукачев и др., Применение компьютерных технологий, информационных систем и математического моделирования в медицине, Вестник новых медицинских технологий, 1996, Т. III, №4, Тула, С. 93-98.
3. И.В.Максимей, В.Д.Левчук, С.П.Жогаль и др., Задачи и модели исследования операций на ЭВМ и принятие решений, Уч. пособие, Гомель, БелГУТ, 1999.

Гомельский государственный  
университет имени Ф. Скорины

Поступило 02.07.02

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф.СКОРИНЫ