

## Учет вмешательства пользователя в системах управления потоками работ\*

А. З. ФАЗЛИЕВ, Н. А. ЛАВРЕНТЬЕВ

*Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск, Россия*

e-mail: faz@iao.ru, lnick@iao.ru

We examine the interference between a user and an execution of processes in an informational-computational system, which state is determined by the users' data stored on a server. It is shown that in the case of the interference caused by multiple alterations of the input data it is necessary to use a function which characterizes the dependence between the application input/output data intensions to solve the aforementioned problem. It is shown that the values of the dependency function should be the relevant data of the processes in that management system.

### Введение

Информационно-вычислительные системы (ИВС), в последнее время появляющиеся в сети Интернет, — это сложные дискретные системы. Составными частями ИВС являются данные, приложения и интерфейсы пользователя [1]. Данные и приложения тесно связаны с моделью предметной области, информация о которой представлена в ИВС, тогда как интерфейсы пользователя определяются моделью пользователя, принятой разработчиками при проектировании ИВС. Задачи, решаемые в процедурных областях знаний, а именно к ним во многом относятся естественные науки, образуют при создании ИВС упорядоченные множества приложений. Каждое из предметных приложений характеризуется синхронной моделью, тогда как их объединение в виде сетей в ИВС требует использования асинхронных моделей дискретной системы. Последние предназначены для моделирования “неалгоритмических” систем с недетерминированным поведением [2]. Взаимодействие событий в ИВС удобно описывать не через связи между событиями, а с помощью ситуаций, при которых реализуются эти события [2]. Для таких целей используются локальные операции, называемые условиями реализации событий. Эти условия разделяют на пост- и предусловия [2].

Для описания асинхронных моделей, применяемых в ИВС, используются сети потоков работ [3–5]. При моделировании потока работ выделяют действия, которые пользователь должен выполнить для решения задачи в обязательном порядке, и действия, которые не являются обязательными и связаны с поведением пользователя. Действия, допускаемые пользователем ИВС, определяются интерфейсом и системой управления потоком работ.

---

\*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 006-07-89201).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2008.

В зависимости от входных данных и собственных целей при решении конкретной задачи пользователь может реализовывать разные цепи приложений при решении одной и той же задачи. Инструментом, с помощью которого он осуществляет решение задачи, являются элементы управления, расположенные в интерфейсе пользователя. Инициализация приложений (переход) осуществляется с помощью пунктов меню, явным образом выделенных на html-страницах, предоставляемых ИВС. Состояние ИВС определяется наличием на сервере данных, относящихся к приложениям и входящих в сеть потока работ. Изменение данных пользователя на сервере выполняется только при посредничестве приложений из сети потока работ, относящегося к предметной задаче.

В ИВС системой управления потоком работ называется система, определяющая, управляющая и выполняющая потоки работ посредством исполнения программного кода, порядок выполнения которого контролируется компьютерным представлением логики потока работ [6].

Целью настоящей работы является описание правил, на основе которых система управления проводит визуализацию элементов управления интерфейса пользователя, и правил, позволяющих при изменении пользователем входных данных приложений приводить в соответствие состоянию ИВС значения данных пользователя, относящихся к решаемой задаче и находящихся на сервере.

## 1. Модель предметной области

При моделировании решения задачи в ИВС с помощью сети потока работ одни приложения, выполняющие вычисления, рассматриваются как элементарные события, тогда как группы других приложений образуют события, имеющие внутреннюю структуру. Поясним на примере, что понимается под событием с внутренней структурой. Исследование поведения химической системы состоит из нескольких этапов: выбора реакций, задания термодинамических условий, вывода кинетических уравнений и их решения. Для аналитического вывода кинетических уравнений необходимым условием является задание пользователем хотя бы одной реакции. Если организовать интерфейс таким образом, что выбор реакций осуществляется за один шаг, т. е. предоставлением всех типов реакций, то разработчик интерфейса сталкивается с проблемой неэкономного расходования информационных ресурсов, иными словами, когда пользователю нужны только фотолизные реакции (около 200), а ему будут предложены все типы реакций (около 1500). Выбор реакций пользователем с помощью нескольких пунктов меню не меняет смысла события, характеризуемого логической константой, указывающей на факт наличия реакций в данных пользователя, располагаемых на сервере. После того как на сервер будет записана хотя бы одна реакция, выбор других реакций не изменяет состоя-

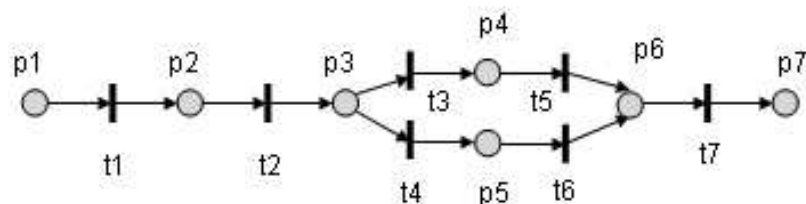


Рис. 1. Упрощенный поток работ для ИВС "Атмосферная химия"

ния ИВС. Оно может измениться на начальное при удалении с сервера всех выбранных реакций, если это не запрещается постусловиями сети потока работ.

На рис. 1 показан упрощенный поток работ для ИВС “Атмосферная химия”. Состоянию, связанному с местом  $p_1$ , отвечает резервирование пользователем места на сервере для записи входных и выходных данных приложений сети потока работ. Переход  $t_1$  соответствует выбору реакций, переход  $t_2$  — выводу кинетических уравнений, переходы  $t_3$  и  $t_4$  связаны с выбором пользователем типа химической системы (открытая или замкнутая система), переходы  $t_5$  и  $t_6$  — с приложениями, выводящими редуцированные кинетические уравнения в виде безразмерных переменных, при переходе  $t_7$  определяется решение, описывающее поведение химической системы. Состояние  $p_7$  характеризуется наличием на сервере всех необходимых данных, которые пользователем воспринимаются как решение задачи.

При каждом запросе клиента к серверу система управления потоком работ на каждом шаге проверяет пост- и предусловия и состояние данных пользователя на сервере. До выполнения предусловий, связанных с состоянием ИВС, пользователь не имеет возможности осуществлять последующие шаги по сети потока работ. Этот запрет реализуется с помощью контроля за доступными пользователю пунктами меню информационной системы (соответствующие текущему моменту запрещенные пункты меню не визуализируются). Отметим, что в Интернет-доступных ИВС наряду с элементами управления, отображаемыми на страницах в браузере, существует возможность обращения к приложению непосредственно из командной строки. Корректная визуализация элементов управления в интерфейсе пользователя и блокировка недопустимых действий из командной строки — это часть системы управления потоком работ, отвечающая за логику допустимых действий пользователя при решении задач в ИВС.

Рассмотрим последовательность действий инженера по знаниям, формирующего правила визуализации элементов управления в ИВС. Пусть  $c_i$  — множество элементов управления в интерфейсе пользователя, каждый из которых инициализирует приложение на сервере, а  $d_j$  — множество интенционалов входных и выходных данных, связанных с приложениями в сети потока работ. Пусть подмножество  $\{d_j\}_i$  содержит интенционалы входных данных, относящиеся к приложению, связанному с элементом управления  $c_i$ . Определим функцию  $g(\{c_i\}, \{d_j\}) = 1$ , если интенционал  $d_j$  представляет входные данные приложения, инициализируемого элементом управления  $c_i$ , и  $g(\{c_i\}, \{d_j\}) = 0$  в противном случае. На рис. 2 показан интерфейс административного приложения портала ATMOS [7], с помощью которого устанавливается такое соответствие.

Реализация потока работ, приведенного на рис. 1, требует задания постусловий. Они необходимы для исключения возможности возврата в предшествующие состояния ИВС. Постусловия, обеспечивающие запрет возврата, связаны с наличием на сервере входных данных пользователя. Если такие данные содержатся на сервере, то пункт меню, в который они были занесены, в дальнейшем становится недоступным для пользователя. Запрещение возврата пользователя на предшествующие этапы решения задачи позволяет ставить задачу о минимальном числе действий, которые пользователь (человек или агент) должен совершить для решения задачи. Такая постановка задачи характерна для систем автоматической обработки информации, но практически непригодна для ситуаций, в которых часто оказываются пользователи ИВС. К числу таких ситуаций относятся возвраты в сети потока работ для исправления ошибок во входных данных, подгонка входных данных для получения их необходимых значений и т. д. Запрет на изменение ошибок на предыдущих этапах решения задачи оставляет пользователю только

Редуцированные кинетические уравнения

Редуцированные безразмерные кинетические уравнения

Управление меню		Параметры управления
	Название параметра	Описание
<input type="checkbox"/>	bim	Порядковый номер бимолекулярной реакции в списке
<input type="checkbox"/>	bm-rate-coeff	Коэффициенты скорости бимолекулярных реакций
<input type="checkbox"/>	bm-reactions	Набор бимолекулярных реакций
<input type="checkbox"/>	closed-system	Булева переменная, 1 - выбрана модель замкнутой химической системы, отсутствие данных - не выбрана
<input checked="" type="checkbox"/>	coefficients	Переменная указывающая на то, что значение коэффициентов скоростей реакций вычислены.
<input checked="" type="checkbox"/>	con-laws	Законы сохранения
<input type="checkbox"/>	cycles	Циклы реакций
<input type="checkbox"/>	data	Данные вычислений
<input type="checkbox"/>	initials	Начальные значения для модуля решения дифференциальных уравнений.
<input checked="" type="checkbox"/>	kinetic-eq	Кинетические уравнения, исследуемого набора реакций

Рис. 2. Визуализация связи между пунктом меню “Редуцированные кинетические уравнения” и интенционалами входных данных приложений в ИВС “Атмосферная химия”

один вариант действий: решение задачи с самого начала. В случаях многоступенчатых задач пользователю приходится повторно вводить значительный объем входных данных. Вариант, предусматривающий хранение данных для каждого состояния решаемой задачи на стороне сервера, экономически не выгоден в силу того факта, что объемы входных и выходных данных в задачах молекулярной спектроскопии, атмосферной радиации, изучения климата превышают несколько гигабайт и для многопользовательских систем приходится вводить ограничения на ресурсы пользователя, хранящиеся на сервере.

## 2. Модели пользователя. Учет вмешательства

В общем случае ограничения на перемещение пользователя по сети потока работ можно разделить на две части. К первой относятся ограничения, обусловленные порядком решения сложной задачи (причинно-следственные ограничения), а ко второй части — ограничения, связанные с выбираемой разработчиками ИВС моделью пользователя. Здесь под моделью пользователя понимается набор его действий, поддерживаемый системой управления потоком работ в ИВС.

Поскольку при оптимальном решении задач возврат на предшествующие этапы, не обусловленный алгоритмом решения задачи, не практикуется, такого типа возвраты далее будем называть вмешательством пользователя в процесс оптимального решения задачи или просто вмешательством.

Модель пользователя, допускающая вмешательство в процесс оптимального решения задачи в ИВС, приводит к необходимости учета существенно большего числа переходов в сети потока работ по сравнению с моделью, в которой такое вмешательство запрещено. На рис. 3 показана сеть потока работ в ИВС “Атмосферная химия”, спроектированная с учетом вмешательства.

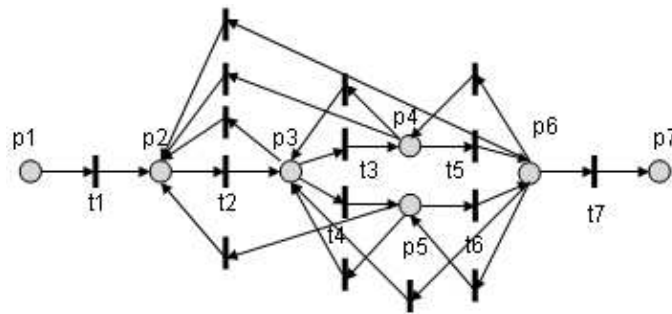


Рис. 3. Сеть потока работ с учетом вмешательства

Для каждого перехода, обусловленного вмешательством, необходимо задать постусловия. Постусловием для этих переходов является приведение данных пользователя, хранящихся на сервере, в соответствие тому состоянию ИВС, в котором пользователь оказывается после вмешательства. Другими словами, при переходе в предшествующее состояние все данные пользователя на сервере, не отвечающие этому состоянию ИВС, удаляются. Удаление данных осуществляется в соответствии с правилами, определяемыми связями между входными и выходными данными приложений сети потока работ.

Пусть каждое приложение, входящее в задачу, задается парой  $(x, y)$ , в которой  $x$  и  $y$  — наборы переменных, связанных с интенционалами предметной области. Пара  $(x, y)$  не является симметричной,  $x$  представляет переменные, относящиеся к входным данным, а  $y$  — переменные, относящиеся к выходным данным. Функцией зависимости выходных данных от входных данных  $F_D$  приложения  $D$  называется функция, характеризующая связь между переменными входных и выходных данных приложения  $(I_{in}^D, I_{out}^D)$ . Она определяется следующим образом:  $F_D(\{a_i\}, \{b_j\}) = 1$ , если  $b_j$  зависит от  $a_i$ ,  $F_D(\{a_i\}, \{b_j\}) = 0$ , если  $b_j$  не зависит от  $a_i$ . Здесь  $a$  и  $b$  — переменные входных и выходных данных приложения  $D$  соответственно.

Предметная задача является набором приложений, каждое из которых имеет переменные, относящиеся к входным и выходным данным. Независимыми переменными  $I_{ind}^A$ , связанными с входными данными набора приложений задачи  $A$  предметной области, называется объединение переменных входных данных приложений, составляющих сеть потока работ задачи, такое, что между любой парой таких переменных отсутствует зависимость. Переменными выходных данных  $I_{out}^A$  задачи  $A$  предметной области называется объединение переменных выходных данных приложений, составляющих сеть потока работ задачи  $A$ . Переменными задачи называется объединение переменных входных и выходных данных.

Функцией депендантности задачи  $A$ , состоящей из набора приложений  $D_i$ , называется функция, определяемая соотношением  $F_A(\{a_i\}, \{b_j\}) = 1$ , если  $b_j$  зависит от  $a_i$  и  $F_A(\{a_i\}, \{b_j\}) = 0$ , если  $b_j$  не зависит от  $a_i$ . Здесь  $a$  — независимая переменная, связанная с входными данными задачи  $A$ , а  $b$  — переменная, относящаяся к выходным данным приложений, составляющих задачу  $A$ .

Функционирование приложения системы управления потоком работ, отвечающего за контроль соответствия состояния системы действиям, проводимым пользователем при вмешательстве, основано на проверке на каждом шаге выполнения задачи факта изменения независимых переменных, являющихся входными данными приложений. Если эти переменные изменяются, то все зависящие от них переменные удаляются с сервера.

Изменить название параметра	
<b>Название параметра*:</b>	
<input type="text" value="kinetic-eq"/>	
<b>Описание:</b>	
<input type="text" value="Кинетические уравнения, исследуемого набора реакций"/>	
Зависит от переменных	
<input type="checkbox"/>	<b>bim</b> Порядковый номер бимолекулярной реакции в списке
<input type="checkbox"/>	<b>bm-rate-coeff</b> Коэффициенты скорости бимолекулярных реакций
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>bm-reactions</b> Набор бимолекулярных реакций
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>pc-reactions</b> Набор фотохимических реакций
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>reactions</b> Булева переменная указывающая на то, что хотя бы одна любая реакция или цикл выбраны пользователем
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>tm-reactions</b> Набор тримолекулярных реакций

Рис. 4. Интерфейс для фиксации связи между интенционалами входных и выходных данных в ИВС “Атмосферная химия”

На рис. 4 представлен административный интерфейс, с помощью которого устанавливается связь между переменными приложений в потоке работ. Наличие такой связи означает, что изменение значения хотя бы одного интенционала из списка (bm-, pc-, tm-, reactions) должно привести к удалению значений интенционала kinetic-eq из данных пользователя, хранящихся на сервере. Интерфейс был создан при выполнении проекта по созданию портала ATMOS.

## Заключение

Предлагаемое решение задачи о контроле состояния ИВС при вмешательстве пользователя в процесс оптимального решения задачи ориентировано на его использование в ИВС, проектируемых для процедурных областей знания, в которых используются модели структурированных данных для приложений, являющихся компонентами потока работ. Показано, что при формировании системы управления потоков работ информационно-вычислительных систем, в которых используется модель пользователя, допускающая его вмешательство в процесс оптимального решения задачи, необходимо в число релевантных данных системы управления потоком работ включать значения функции зависимости решаемой задачи.

## Список литературы

- [1] GUARINO N. Formal ontology and information systems // Proc. of FOIS'98, Trento, Italy, 6–8 June 1998. Amsterdam: IOS Press, 1998. P. 3–15.
- [2] КАСЬЯНОВ В.Н., ЕВСТИГНЕЕВ В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 1104 с.
- [3] DENNERT J. A Methodology for Workflow Modeling: Thesis. Berlin, 2003. 200 p.

- [4] VAN DER AALST W.M.P. Business process management demystified: A tutorial on models, systems and standards for workflow management: Lectures on concurrency and Petri nets / J. Desel, W. Rezig, G. Rozenberg (Eds). Springer, 2004. P. 1–65.
- [5] WORKFLOW management coalition, <http://wfmc.org>
- [6] HOLLINGSWORTH D. The Workflow Reference Model. Document N TC00-1003. 1995. 55 p.
- [7] GORDOV E.P., LYKOSOV V.N., FAZLIEV A.Z. Web portal on environmental sciences ATMOS // Advances in Geosc. 2006. Vol. 8. P. 33–38.

*Поступила в редакцию 21 февраля 2008 г.*