ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К СОГЛАСОВАНИЮ ФРАГМЕНТАРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Михайлов (Санкт-Петербург)

В работах [1, 2] представлена алгебра алгоритмических сетей (АС). Алгебра создает основу для создания метаязыка для описания всех возможных действий, проводимых над АС в процессе создания моделей, проведения вычислительного эксперимента и принятия решений.

Однако справедливость законов алгебры АС ограничивается подмножествами сетей, в которых объединение любых непустых сетей также не пусто. По [1] результат объединения считается пустым, если при объединении сетей какие-либо переменные будут определяться неоднозначно или возникнут контуры, не содержащие операторов задержки (не-циклы). Непустые сети, объединение которых не пусто, будем называть взаимно согласованными. Требование согласованности является весьма жестким. Формирование моделей тех или иных фрагментов предметной области выполняется, как правило, различными группами специалистов и в разное время. При построении фрагментарных моделей в форме АС легко обеспечить однозначность именования переменных (использование общего словаря переменных для моделей предметной области обязательно) и синтаксическую правильность сетей каждого из фрагментов. Однако выполнить требования однозначности вычисления переменных и исключить возможность образования не-циклов при произвольном объединении АС фрагментарных моделей весьма сложно. К тому же требование однозначности может привести к нежелательной потере информации.

Проанализируем причины возникновения несогласованности фрагментарных АС базы моделей предметной области. Примем, что модели базы представлены правильными АС, соответствуют одинаковому уровню детализации и имеют общий временной шаг счета. Последовательность вычисления переменных в моделях может соответствовать последовательности событий в реальных объектах предметной области. Будем называть такие модели каузально ориентированными. Если направление вычислений противоположно последовательности событий, то модели будем называть инверсно ориентированными. Модели с одинаковой ориентацией вычисления общих переменных будем называть каузально (или инверсно) согласованными.

Неоднозначность в согласованных моделях связана с повторным вычислением в моделях одной и той же переменной по одинаковым или различным алгоритмам. Такая ситуация вполне может возникнуть, если фрагментарные модели базы разрабатываются независимо и их АС пересекаются. Если неоднозначность возникла из-за несогласованности направления вычисления переменной в анализируемых моделях, то естественный способ ее устранения будет состоять в обращении одной из АС и перевода неоднозначно вычисляемой переменной в ней из подмножества вычисляемых в подмножество входных. Инвертирование направления вычислений переменных диктуется, как правило, соображениями прагматики. Если по каким-либо причинам желательно сохранить инверсность вычисления переменных, то процедура частичного обращения может быть применена к каузально ориентированным фрагментам. Успех такой операции не гарантирован, в то время, как у каузально согласованной модели есть в большинстве случаев прецедент – это реальный объект моделирования.

Вторая проблема, которая может возникнуть в результате каузальной рассогласованности фрагментарных моделей, – это потеря вычислимости, когда вычисляемая переменная в результате обращения получает статус входной. При этом АС комплексной модели может быть формально правильной, но неприемлемой для решения поставленных задач. Восстановление вычислимости производится также методом обращения. Альтернатива – сохранение статуса переменной как входной, если это допустимо.

Таким образом, центральной при устранении неоднозначности вычислений является задача определения каузальной ориентированности АС фрагментарных моделей [3]. Для решения этой задачи будем использовать граф причинно-следственных связей событий предметной области, накрываемых разрабатываемой комплексной моделью. Будем отождествлять вычисление переменных АС, имеющих содержательную интерпретацию в терминах предметной области с событиями на графе причинно-следственных связей. Оперируя с графом причинно-следственных связей, будем использовать термин «переменная», подразумевая под этим событие, заключающееся в вычислении указанной переменной. Соответственно, список переменных – это последовательность событий по вычислению переменных списка. Для решения задачи согласования фрагментарных моделей достаточно иметь сокращенный граф, вершины которого отождествлены с фрагментарными моделями, а дуги – с их входными и выходными переменными.

Отметим, что граф причинно-следственных связей строится на основе семантической информации о процессах в моделируемой предметной области, включая блок-схемы, временные диаграммы, данные экспертов, натурных экспериментов и т.п. База фрагментарных моделей при этом служит «шаблоном» для упрощения структуры графа, но не средством для определения последовательности событий на нем.

Для установления каузальной ориентированности анализируемых моделей используем аппарат несимметричной временной логики с точечными событиями [4]:

Ro(x,y) – событие x происходит одновременно с y,

R1(x,y) – событие x происходит раньше y,

R2(x,y) – событие x происходит не раньше y.

Если переменная y вычисляется на основе x, то эти события связаны отношением R1(x,y). Выявление каузальной ориентированности АС состоит в сравнении последовательности вычисления переменных на АС с цепочками событий CT_j, соответствующими их причинно-следственной зависимости на графе причинно-следственных связей. Для построения цепочек CT_j анализируем исходный граф причинно-следственных связей. При наличии циклов выполняем их разрыв, условно вводя на графе события-состояния. В результате получаем древовидный граф, основаниями которого служат входные события и события-состояния. Для древовидного графа строится полное множество путей от оснований графа к вершинам. Каждому пути соответствует цепочка событий $CT_j, \bigcup_j CT_j = CT \quad j = \overline{1,s},$ s – общее количество путей на графе. Любые две переменные пути всегда связаны соотношением R1(x,y), если событие x на пути предшествует y, или R1(y,x), если y предшествует x.

Пусть y_k – общая вычисляемая переменная сетей A и B, X1 и Z1 – множества переменных сети A, входящих соответственно в конус и дерево вычислимости для y_k, X2 и Z2 – множества переменных сети B, входящих в конус и дерево вычислимости для y_k (раздел 2.3). Для сетей A и B всегда справедливы соотношения

R1(X1,y_k), R1(y_k,Z1), R1(X1,Z1),

R1(X2,y_k), R1(y_k,Z2), R1(X2,Z2).

Выполним проверку данных соотношений на цепочках переменных $CT_j \in CT$. Если выполняется условие:

$$(\forall x \in X)(\forall z \in Z)(\forall CT_j \in CT)[(x,z \in CT_j \rightarrow R1(x,z))\&$$

$$\&(x,y_k \in CT_j \rightarrow R1(x,y_k)) \& (y_k,z \in CTj \rightarrow R1(y_k,z))],$$

то соответствующая алгоритмическая сеть каузально ориентирована. Если условие выполняется при перестановке порядка переменных в соотношениях R1, то АС инверсно ориентирована. В противном случае имеет место частичное инвертирование причинно-следственных отношений.

При инверсии делается попытка частичного обращения АС одной из моделей для устранения неоднозначности вычисления переменных или восстановления вычислимости. Если операция обращения не может быть выполнена, то проводится ручная модификация сети.

В согласованных АС корректировка неоднозначности вычисления переменных выполняется путем удаления тех фрагментов сети, которые служат для повторного вычисления общих переменных с использованием операции вычитания АС [3].

Операция вычитания AΔB=C состоит в том, что из исходной сети А удаляются операторы, генерирующие одноименные вычисляемые переменные сетей А и В, а также операторы конусов вычислимости этих переменных, за исключением операторов, генерирующих переменные, которые являются входными для сети В, являются аргументами оставшихся в сети А операторов или имеют статус критериальных. Вместе с операторами удаляются их выходные переменные. В результате обеспечивается взаимная однозначность В и результирующей сети С. Область определения операции – правильные АС с однозначным именованием переменных.

Для устранения «гонок» выполним расширение операции объединения АС, включив в нее процедуру **корректировки не-циклов**. Особенность процедуры состоит в ее неоднозначности, поскольку статус переменной состояния может быть присвоен различным переменным контура. В связи с этим предусматриваются два режима коррекции не-циклов – автоматический и интерактивный. В автоматическом режиме статус переменной состояния получает та переменная (например, переменная x1), которая замкнула не-цикл при слиянии сетей. Коррекция состоит в разрыве переменной x1, объявленной переменной состояния цикла, включения оператора задержки в место разрыва, переименования на сети его входной переменной в x_e с учетом однозначности именования переменных в базе. В интерактивном режиме первоначально происходит полное замыкание дуг, затем выполняется проверка комплексной сети на наличие не-циклов. Пользователь получает информацию о переменных, входящих в каждый из не-циклов, определяет состав переменных состояния и выполняет корректировку сети.

Литература

1. **Марлей В. Е.** Алгебра алгоритмических сетей. Теоретические основы и прикладные задачи интеллектуальных информационных технологий. СПб.: Анатолия, 1998. С. 200–207.
2. **Иванищев В. В., Марлей В. Е.** Введение в теорию алгоритмических сетей. СПб.: СПБГТУ, 2000. 180 с.
3. **Иванищев В. В., Михайлов В. В.** Автоматизация моделирования экологических систем. СПб.: СПБГТУ, 2000. 171 с.
4. **Кондрашина, Е. Ю., Литвинцев Л. В., Поспелов Д. А.** Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. М.: Наука, 1989. 326 с.