

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Вычислительные модели (ВМ) были введены Э.Х. Тыгу в начале 70-х гг.

Поэтому они получили название **вычислительные модели Тыгу**.

Вычислительные модели являются *семантическими сетями*, содержащими только *хорошо (функционально) интерпретируемые отношения*.

Рассмотрим формулировку некоторой задачи в самом общем виде — как совокупность переменных $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, связанных множеством отношений $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$.

Здесь (X, R) — вычислительная модель.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Обозначим $*x_i$ область определения переменной x_i .

Любое подмножество прямого произведения $*x_1 \times *x_2 \times \dots \times *x_n$ называется отношением на x_1, x_2, \dots, x_n и обозначается $r(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Говорят, что набор $\langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle$ удовлетворяет отношению r , если $\langle v_1, v_2, \dots, v_n \rangle \in r$.

На практике в ВМ наиболее часто используются бинарные отношения, отношения на множестве чисел ($=, \neq, <, \leq, >, \geq$ и др.) и отношения, заданные уравнениями.

Существенное требование, предъявляемое к отношениям вычислительной модели, состоит в том, что каждое отношение должно быть **функционально интерпретируемым**, т.е. выражено (представлено) несколькими функциями.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Пусть даны два подмножества множества переменных

$X : u \subseteq X$ и $v \subseteq X$ - таких, что $u \cup v \subseteq X$.

Функция f называется **функцией интерпретации** отношения $r(X)$, если она сопоставляет каждой совокупности значений $*u$ переменных из u точно те значения $*v$ переменных из v , которые вместе с $*u$ содержатся в некотором наборе отношения r :

$$f_{r,u,v}(u) = \{ *v \mid (\exists *e) (*e \in r \wedge *u \subseteq *e \wedge *v \subseteq *e) \}.$$

Множество всех таких функций интерпретации характеризует потенциальную возможность нахождения значений одних переменных (v) по заданным значениям других переменных (u).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Множества входных и выходных переменных функции интерпретации f будем обозначать $\text{in}(f)$ и $\text{out}(f)$.

Рассмотрим отношение $r(X)$, заданное совокупностью функций интерпретации $F = \{ f_1, f_2, \dots, f_m \}$.

Переменную $u \in X$ назовем для отношения $r(X)$:

- 1) **входной**, если $\exists f^* \in F$, для которой $u \in \text{in}(f^*)$ и $u \notin \text{out}(f^*)$ ни для какого $f^* \in F$,
- 2) **выходной**, если $\exists f^* \in F$, для которой $u \in \text{out}(f^*)$ и $u \notin \text{in}(f^*)$ ни для какого $f^* \in F$,
- 3) **слабо связанной**, если $\exists f^* \in F, \exists f^{*'} \in F$ такие, что $u \in \text{in}(f^*)$ и $u \in \text{out}(f^{*'})$.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Наличие **слабо связанных** переменных приводит к тому, что в ВМ отсутствует априорное **разделение переменных** на входные и выходные.

Такое **разделение** в ВМ реализуется **динамически**.

Те из функций интерпретации, у которых все аргументы определены, выполняются, тем самым определяя значения новых (других) переменных.

Это позволяет исполнить другие функции, для которых вычисленные переменные являются входными и т.д.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Рассмотрим, например, ВМ, описывающую закон Ома:

$$U = I * R. \quad (5)$$

Такая ВМ состоит из трех слабо связанных переменных: напряжения (U), сопротивления (R), тока (I) и одного отношения (*).

Отношение (5) содержит три функции интерпретации:

$$U := I * R;$$

$$I := U / R;$$

$$R := U / I.$$

Используя такую ВМ, можно вычислить любую переменную, если заданы значения двух других.

Какую функцию интерпретации следует выполнить, система, основанная на ВМ, решает автоматически.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Пример. Модель прямолинейного движения.

Модель ДВИЖЕНИЕ:

$$f = m \cdot a; \quad \Delta v = a \cdot \Delta t; \quad \Delta s = v \cdot \Delta t; \quad 2 \cdot v = v_1 + v_2;$$

$$\Delta E = f \cdot \Delta s; \quad \Delta v = v_1 - v_2; \quad \Delta E = E_2 - \Delta E_1;$$

$$\Delta t = t_2 - t_1; \quad E_1 = (m \cdot v_1^2)/2; \quad E_2 = (m \cdot v_2^2)/2;$$

конец;

Зная ДВИЖЕНИЕ Вычислить v_1 , ΔE по m , Δt , a , v_2 ;

Модель преобразуется в совокупность логических выражений:

$$m \ \& \ a \rightarrow f; \quad a \ \& \ \Delta t \rightarrow \Delta v; \quad v \ \& \ \Delta t \rightarrow \Delta s; \quad v_1 \ \& \ v_2 \rightarrow v;$$

....

Поиск решения задачи сводится к доказательству выводимости искомых переменных по заданным с учетом логических выражений (уравнений) из модели.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Вычислительная модель (в системе программирования ПРИЗ) задается четверкой

$$W = \langle A, D, B, H \rangle.$$

Здесь A – множество атрибутов (переменных);

D – множество соответствующих им допустимых значений.

Атрибуту $A_i \in A$ соответствует множество значений $D_i \in D$;

B – множество функциональных зависимостей, определенных над атрибутами.

Элементы B имеют вид $X \rightarrow Y$, где X и Y – некоторые подмножества A , а знак “ \rightarrow ” – отношение функциональной зависимости.

H задает совокупность отношений (логических выражений) над множеством атрибутов A .

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

В системе программирования ПРИЗ описание проблемной области (ПО) и формулировки задач переводятся на внутренний язык, эквивалентный по выразительной силе некоторой разновидности исчисления высказываний.

В нем допускаются пропозициональные формулы лишь следующих двух видов:

$$X1 \wedge X2 \wedge \dots \wedge Xm \rightarrow Y, \quad (1)$$

$$((U1 \rightarrow V1) \wedge (U2 \rightarrow V2) \wedge (Um \rightarrow Vm)) \rightarrow (X \rightarrow Y). \quad (2)$$

С логической точки зрения эти формулы – импликации, но с вычислительной точки зрения – функциональные зависимости. Формулы вида (2) выражают функциональные зависимости высших порядков, аргументами которых являются функции.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Решить задачу нахождения величин Y по заданным величинам X **с помощью ВМ** означает, что на основе соотношений, зафиксированных в ВМ, надо **найти план действий** по получению величин из списка Y по величинам из списка X .

Эту процедуру можно разбить на два уровня: *концептуальный* и *процедурный*.

На **концептуальном** уровне при построении плана используется только та часть ВМ, которая обозначена в ее определении как H .

На **процедурном** уровне в плане, полученном на предшествующем уровне (абстрактной программе), происходит замена схем из H на их конкретные программные реализации, содержащиеся в B или конструируемые из них.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

ВМ могут быть **расширены** введением **управляющих вершин**, которые накладывают ограничения на использование тех отношений, с которыми они связаны.

Управление сильного связывания определяет, что два отношения всегда следует использовать строго последовательно, например:

$$i^* := i + 1;$$

$$i := i^*.$$

Управление условием заключается в том, что непосредственно перед применением отношения проверяется значение **связанной** с ним **переменной**, которая имеет логический тип. Отношение может исполняться только в том случае, если переменная имеет значение «истина».

Еще один вид управления позволяет вводить **подзадачи** в ходе решения задачи и строить подпрограммы.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

В указанной форме вычислительные модели являются удобным средством организации автоматического синтеза программ.

На их основе реализованы система программирования **ПРИЗ** (с входным языком **Утопист**) для синтеза программ на основе семантической модели предметной области и объектно-ориентированная система программирования **NUT**.

Система программирования NUT доступна по лицензии GNU (GNU General Public Licence) на сайте института Institute of Cybernetics at Tallinn Technical University
по адресу <http://www.cs.ioc.ee/nut/>

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

Основным недостатком ВМ является то, что программы, получаемые в результате синтеза, далеки от оптимальных.

Наблюдается тенденция ухудшения качества программ при уменьшении времени работы **планировщика задач**.

При этом синтезировать оптимальные последовательные программы труднее, чем оптимальные параллельные программы.

Это обстоятельство в связи с развитием ЭВМ новой архитектуры, ориентированной на параллельные процессы, становится существенным преимуществом ВМ перед другими средствами решения задач.