

ПРИМЕНЕНИЕ АБСТРАКТНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ.

1. СТРУКТУРА И ПОИСК

Применение вычислительных машин в качестве интеллектуальных помощников человека невозможно без управления и манипулирования большими объемами данных. Общая эффективность образуемой в этом случае системы пользователь — ЭВМ определяется способом представления данных в памяти вычислительной машины. Модели данных [1] обеспечивают широкие возможности представления благодаря соединению данных со смысловой интерпретацией. Однако для использования в системах искусственного интеллекта, а также в качестве основы всякого процесса обработки данных необходимо придать им большую гибкость, достаточную для многоцелевого приложения в широком диапазоне задач.

Рассмотрим способ представления данных на абстрактных моделях, отличающийся возможностью фрагментарного описания предметной области задачи и наличием универсальной процедуры сборки фрагментов в единую модель. Способ ориентирован на аппаратную поддержку, обеспечивающую его эффективную реализацию.

Пусть $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ — множество выделенных объектов в рамках предметной области; $I = \{i_1, \dots, i_m\}$ — множество классов объектов; $f: X \rightarrow I$ — интерпретирующее отображение. Интерпретацией объекта $x \in X$ на множестве I классов объектов предметной области назовем двойку $v = (x, i)$ такую, что $f(x) = i$. Соответствие $\Phi = \{(v', v'') | v', v'' \in V, v' = (x', i'), v'' = (x'', i''), i' = i''\}$ в этом случае является эквивалентностью на множестве интерпретаций объектов V .

Определение 1. Абстрактной моделью предметной области называется тройка $z = (V, \Gamma, \Pi)$, где V — множество интерпретаций объектов; Γ — определяющее соответствие в V такое, что $\Gamma^k \cap \Delta_V = \emptyset$, $k = 1, 2$ (здесь Γ^k — k -я степень соответствия Γ ; Δ_V — диагональ в V [2]); Π — определяемое соответствие в V такое, что $\Pi = \Gamma^{-1}$.

В общем случае абстрактная модель составляется экспертным методом на основе профессионального представления пользователя о предметной области и на необходимом для решения задачи уровне детализации (уровень абстракции). Естественным для пользователя является фрагментарное формирование и манипулирование моделью предметной области. Для случая представления данных на абстрактных моделях всякий фрагмент предметной области также описывается абстрактной моделью. Подмоделью абстрактной модели $z = (V, \Gamma, \Pi)$ назовем абстрактную модель $z' = (V', \Gamma', \Pi')$, для которой $V' \subseteq V$, $\Gamma' = \{(v', v'') | v', v'' \in V', (v', v'') \in \Gamma\}$, $\Pi' = (\Gamma')^{-1}$. Для манипулирования абстрактной моделью используются подмодели специального вида — выражения. Выражением называется абстрактная модель $z = (V, \Gamma, \Pi)$ в том случае, если $\Gamma^k \cap \Delta_V = \Phi$, $k \in N$, где N — множество натуральных чисел. В выражении отсутствует циклическое взаимопределение объектов, возможное для абстрактной модели общего вида. Это и определяет их использование.

Реальные объекты, отношения, категории, связи и свойства, выделяемые в рамках предметной области решаемой задачи, представляются в абстрактной модели абстрактными объектами.

Определение 2. Абстрактным объектом, принадлежащим абстрактной модели $z = (V, \Gamma, \Pi)$, называется тройка $q = (v, \Gamma_q, \Pi_q)$, где $v \in V$; $\Gamma_q = \{(v, v') | v' \in V, (v, v') \in \Gamma\}$; $\Pi_q = \{(v, v') | v' \in V, (v, v') \in \Pi\}$.

Если абстрактная модель z имеет множество абстрактных объектов Q , то будем писать $z: Q$. Эквивалентность Ψ на множестве абстрактных объектов Q определяется рекурсивно: $\Psi = \{(q', q'') | q', q'' \in Q,$

$q' = (v', \Gamma_{q'}, \Pi_{q'})$, $q'' = (v'', \Gamma_{q''}, \Pi_{q''})$, $(v', v'') \in \Phi$, существует биективное соответствие A из $\Gamma_{q'}$ в $\Gamma_{q''}$ такое, что, если $\gamma' \in \Gamma_{q'}$, $\gamma'' \in \Gamma_{q''}$, $A(\gamma') = \gamma''$, $\gamma' = (v', \vartheta')$, $\gamma'' = (v'', \vartheta'')$, $\hat{q}' = (\vartheta', \Gamma_{\hat{q}'}, \Pi_{\hat{q}'})$, $\hat{q}'' = (\vartheta'', \Gamma_{\hat{q}''}, \Pi_{\hat{q}''})$, то $(\hat{q}', \hat{q}'') \in \Psi$ и существует биективное соответствие B из $\Pi_{q'}$ в $\Pi_{q''}$ такое, что, если $\pi' \in \Pi_{q'}$, $\pi'' \in \Pi_{q''}$, $B(\pi') = \pi''$, $\pi' = (v', \bar{\vartheta}')$, $\pi'' = (v'', \bar{\vartheta}'')$, $\bar{q}' = (\bar{\vartheta}', \Gamma_{\bar{q}'}, \Pi_{\bar{q}'})$, $\bar{q}'' = (\bar{\vartheta}'', \Gamma_{\bar{q}''}, \Pi_{\bar{q}''})$, то $(\bar{q}', \bar{q}'') \in \Psi$.

Пусть для абстрактной модели $z = (V, \Gamma, \Pi)$, $z : Q$, дана подмодель $z' = (V', \Gamma', \Pi')$, $z' : Q'$. Подобъектом абстрактного объекта $q \in Q$, $q = (v, \Gamma_q, \Pi_q)$ такого, что $v \in V'$, называется абстрактный объект $q' \in Q'$, $q' = (v, \Gamma_{q'}, \Pi_{q'})$. Из определения подмодели следует, что $\Gamma_{q'} \subseteq \Gamma_q$, $\Pi_{q'} \subseteq \Pi_q$. Абстрактный объект и его подобъект представляют в абстрактной модели один и тот же объект предметной области, но с разной степенью детализации.

Эквивалентность Υ на множестве абстрактных моделей Z устанавливается через эквивалентность абстрактных объектов: $\Upsilon = \{(z', z'') | z', z'' \in Z, z' : Q', z'' : Q'', \text{ существует биективное соответствие } E \text{ из } Q' \text{ в } Q'' \text{ такое, что, если } q' \in Q', q'' \in Q'', E(q') = q'', \text{ то } (q', q'') \in \Psi\}$.

Обозначим $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$ множество операций над абстрактными объектами, где ω_1 — поиск; ω_2 — добавление и ω_3 — удаление абстрактного объекта.

Определение 3. Предложением называется двойка $s = (z, t)$, где z — выражение, $z : Q$; $t : Q \rightarrow W$ — отображение, для которого существует один и только один абстрактный объект $q \in Q$ такой, что $t(q) \in W$. Предложения называются вопросительными ($t(q) = \omega_1$), утвердительными ($t(q) = \omega_2$) или отрицательными ($t(q) = \omega_3$).

Пусть дано предложение $s = (z, t)$, в котором для абстрактного объекта $q \in Q$, $z : Q$, выполняется $t(q) \in W$. Связь объекта q с остальными объектами выражения задается проекцией выражения по абстрактному объекту.

Определение 4. Проекцией выражения $z = (V, \Gamma, \Pi)$, $z : Q$, по абстрактному объекту $q = (v, \Gamma_q, \Pi_q)$ называется четверка $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$, где q — проектируемый объект, $q \in Q$; $V_p = \{v\} \cup [\bigcup_{k=1}^{|V|} (\Gamma_p^k \cup \Pi_p^k)](v)$; $\Gamma_p = \bigcup_{j=1}^{|V|} \tilde{\Gamma}_j$; $\Pi_p = \bigcup_{j=1}^{|V|} \tilde{\Pi}_j$; $\tilde{\Gamma}_1 = \Gamma_q$; $\tilde{\Pi}_1 = \Pi_q$; $\tilde{\Gamma}_j (j \geq 2) = \{(v', v'') | v' \in [\tilde{\Gamma}_{j-1} \cup \tilde{\Pi}_{j-1}](V), (v', v'') \in \Gamma / \bigcup_{n=1}^{j-1} (\tilde{\Pi}_n)^{-1}\}$; $\tilde{\Pi}_j (j \geq 2) = \{(v', v'') | v' \in [\tilde{\Gamma}_{j-1} \cup \tilde{\Pi}_{j-1}](V), (v', v'') \in \Pi / \bigcup_{n=1}^{j-1} (\tilde{\Gamma}_n)^{-1}\}$.

Пусть для выражения $z : Q$ построена проекция $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$. Проекцией абстрактного объекта q' , $q' \in Q$, $q' = (v', \Gamma_{q'}, \Pi_{q'})$, называется подобъект $q'' = (v', \Gamma_{q''}, \Pi_{q''})$, для которого $\Gamma_{q''} = \{(v', \vartheta') | \vartheta' \in V_p, (v', \vartheta') \in \Gamma_p\}$, $\Pi_{q''} = \{(v', \vartheta') | \vartheta' \in V_p, (v', \vartheta') \in \Pi_p\}$. В описанной проекции, таким образом, объекты предметной области представляются проекциями абстрактных объектов. Если проекция p имеет множество проекций абстрактных объектов Q , то будем писать $p : Q$.

Эквивалентность Λ на множестве проекций выражений P устанавливается через эквивалентность проекций абстрактных объектов: $\Lambda = \{(p', p'') | p', p'' \in P, p' : Q', p'' : Q'', \text{ существует биективное соответствие } H \text{ из } Q' \text{ в } Q'' \text{ такое, что, если } q' \in Q', q'' \in Q'', H(q') = q'', \text{ то } (q', q'') \in \Psi\}$.

Теорема 1. В проекции $p : Q$, $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$, выражения z для всякого $q' \in Q$, $q' \neq q$, $q' = (v', \Gamma_{q'}, \Pi_{q'})$, существует один и только один $q'' \in Q$, $q'' = (v'', \Gamma_{q''}, \Pi_{q''})$ такой, что $(v'', v') \in \Gamma_p \cup \Pi_p$.

С л е д с т в и е 1. Для проекции $p : Q$, $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$, выражения z существует, по крайней мере, один $q' \in Q$, $q' = (v', \Gamma_{q'}, \Pi_{q'})$ такой, что $\Gamma_{q'} = \emptyset$, $\Pi_{q'} = \emptyset$.

Теорема 2. Для существования в составе абстрактной модели z'

абстрактного объекта q' , имеющего подобъект q'' , $(q'', q') \in \Psi$, $s = (z, t)$, $z :: Q$, $q \in Q$, $t(q) \in W$, необходимо и достаточно наличие в z' подмодели z'' , имеющей проекцию p'' такую, что $(p'', p) \in \Lambda$, где $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$.

Пусть задана абстрактная модель $z' = (V', \Gamma', \Pi')$ и предложение $s = (z, t)$, $z :: Q$, $q = (v, \Gamma_q, \Pi_q)$, $q \in Q$, $t(q) = w_1$, $p = (q, V_p, \Gamma_p, \Pi_p)$. Требуется отыскать в z' абстрактный объект q' , представляющий тот же самый объект предметной области, что и абстрактный объект q в составе выражения z . Поиск осуществляется при помощи алгоритма 1, основанного на теоремах 1 и 2.

Алгоритм 1. Положить для множества Σ , $\Sigma = \emptyset$.

Шаг 1. Отыскать в составе $p :: Q$ проекцию $\bar{q} = (\bar{v}, \Gamma_{\sim}, \Pi_{\sim})$, $\bar{q} \in Q$, для которой $\Gamma_{\sim} = \emptyset$, $\Pi_{\sim} = \emptyset$, причем $\Sigma(\bar{q}) = \emptyset$. Если $\bar{q}$ найден, то перейти к шагу 2, иначе перейти к шагу 3.

Шаг 2. Отыскать в составе $z' :: Q'$ абстрактный объект $\hat{q} = (\hat{v}, \Gamma_{\sim}, \Pi_{\sim})$, $\hat{q} \in Q'$, для которого существует подобъект $\hat{q}'$ такой, что $(\hat{q}', \hat{q}) \in \Psi$.

Пусть найдено множество $\hat{Q} \subseteq Q'$ абстрактных объектов, удовлетворяющих указанному условию. Если $\hat{Q} = \emptyset$, тогда закончить алгоритм, поскольку в z' не существует искомого абстрактного объекта. Если же $\hat{Q} \neq \emptyset$, то положить Σ равным $\Sigma \cup \{(\bar{q}, \hat{q}') \mid \hat{q}' \in \hat{Q}\}$ и перейти к шагу 1, если $\Gamma_{\sim} = \emptyset$ и $\Pi_{\sim} = \emptyset$, или же к шагу 3 в противном случае.

Шаг 3. Отыскать в составе $p :: Q$ проекцию $\bar{q} = (\bar{v}, \Gamma_{\sim}, \Pi_{\sim})$, $\bar{q} \in Q$, для которой для каждого абстрактного объекта $\bar{q}' \in Q$, $\bar{q}' = (\bar{v}', \Gamma_{\sim}, \Pi_{\sim})$ такого, что $\bar{v}' \in [\Gamma_{\sim} \cup \Pi_{\sim}](\bar{v})$, выполняется $\Sigma(\bar{q}') \neq \emptyset$, причем $\Sigma(\bar{q}) = \emptyset$. Если $\bar{q}$ найден, то перейти к шагу 2. Иначе, закончить алгоритм, при этом последнее найденное на шаге 2 множество $\hat{Q}$ и есть множество искомых абстрактных объектов.

Список литературы

1. Цикритзис Д., Лоховски Ф. Модели данных. М., 1985.
2. Кон П. Универсальная алгебра. М., 1968.

Поступила в редакцию 14.05.86.