УДК 007:681.51:519.7

В.К.Александров, С.Б.Мелещук

# МОДЕЛИ ДИАЛОГОВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНЕЧНОАВТОМАТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

(г.Ленинград)

В настоящее время большинство действующих автоматизированных систем принятия решений поддерживают два сложившихся направления. Первое связано с развитием концепции банка данных как основы логико-информационных структур для решения поисковых задач. Здесь акцентируется семантический модельный уровень данных в смысле структурных отношений между множествами данных [1] . Второе направление ориентируется на создание языков, лежащих в основе процесса принятия решений [2] . Оно основано на теории представления знаний в виде семантических сетей. Разработанные на этой основе человеко-машинные диалоговые системы пока имеют ограниченное применение в виду того, что не решены проблемы создания ситуационной логики.

Отсюда следует актуальность задачи совмещения семантических и теоретико-множественных описаний данных (представление знаний) с развитыми структурами моделей диалоговых процедур принятия решений. Отсутствие единого подхода к построению моделей диалоговых процедур принятия решений приводит к излишне развитой процедурности запросов и усложнению языков общения. Это с одной стороны сдерживает создание эффективных диалоговых систем, с другой затрудняет работу пользователей. Кроме того, как показывает анализ данных[3], пока не установлена обоснованная стратегия проектирования диалоговых систем, удовлетворяющих каким-либо критериям оптимальности.

Предлагаются модели диалоговых систем принятия решений в виде конечных автоматов, ориентированные на решение указанных задач. Рассматриваемые принципы построения, общая структура и отдельные компоненты моделей разработаны с учетом требований, выдвигаемых условиями практического применения, например, в системах автоматизированного проектирования средств измерений [4] .

Разработка диалога опирается на его математическую модель. Если диалог строится на основе конечного словарного множества, образующего конечное число предложений в отдельные моменты времени, которое желательно минимизировать, то моделью такой диалоговой системы может служить конечный автомат - наиболее простая разновидность дискретных динамических систем [5] .

Диалог и его конечноавтоматная модель должны обладать адекватными характеристиками. Важнейшая из них - внешнее поведение, представляющее собой множество последовательностей входных воздействий во времени и множество соответствующих этих воздействиям последовательностей реакций вычислительной системы.

Пусть заданы непустые конечные множества - алфавит состояний $S=\{S_0, S_1, \dots, S_{n-1}\}$ , алфавит входов $X=\{x_1, \dots, x_m\}$ и алфавит выходов $Y=\{y_1, \dots, y_p\}$ . Представим процесс как автомат вида

$$A=\langle X, S, Y, S^0, h \rangle,$$

где $S^0 \subset S$ - множество начальных состояний; $h$ - отображение $h: S\times X \to 2^{S\times Y}$, $2^{S\times Y}$ - меножество всех подмножеств $S\times Y$.

Конечный автомат можно изобразить в виде диаграммы переходов, представляющей собой ориентированный нагруженный мультиграф. Вершины этого графа соответствуют состояниям конечного автомата, а на его дугах следующим образом вписываются пары из алфавита $X\times Y$. Если $h(S_i, x_j)=\{(S_K, y_{q_1}), \dots, (S_{K_r}, y_{q_m})\}$, то из вершины $S_i$ проводятся дуги в вершины $S_{K_1}, \dots, S_{K_r}$ и дуга, ведущая из $S_i$ в $S_{K_t}$, $1 \leqslant t \leqslant r$ , нагружается парой $(x_j, y_{q_t})$.

Диалог будем называть детерминированным, если отображение $h$ является отображением множества пар из $S\times X$ в множество пар из $S\times Y$ , т.е. $h: S\times X \to S\times Y$ . В таком случае $h$ может быть представлено в виде совокупности двух функций $\varphi: S\times X \to S$ и $\psi: S\times X \to Y$ , которые называются соответственно функцией переходов и функцией выходов. В рассматриваемой модели функции $\varphi$ и $\psi$ однaзначны.

Автомат $A$ в начальный момент времени $t_0$ находится под воздействием $X^0$ и имеет выход $Y^0$ . За время диалога $\Delta t$ он должен перейти в состояние $S^n$ с выходом $Y^n$ , где $n$ - число шагов решения задачи. Этот процесс можно описать следующей цепью переходов

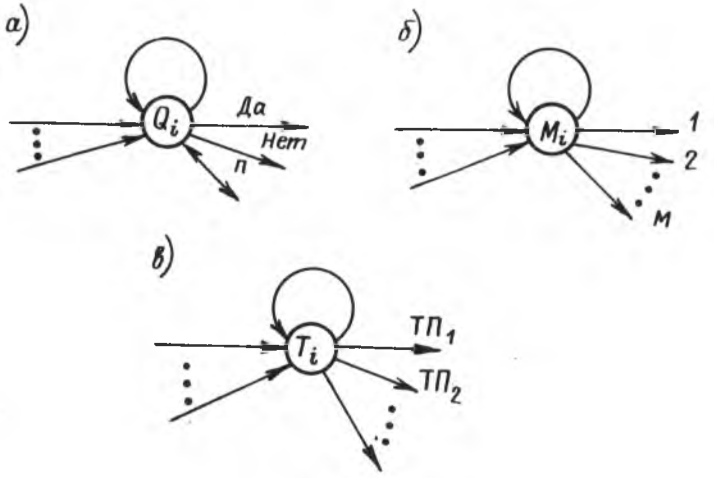
$$\left.\begin{array}{l} \varphi: \{(X^0 \to S^0) \xrightarrow{X^1} (X^1 \to S^1) \xrightarrow{X^2} \dots \xrightarrow{X^n} (X^n \to S^n)\} \\ \psi: \{(X^0 \times S \xrightarrow{X^1} Y^1) \xrightarrow{X^1} \dots \xrightarrow{X^n} (X^n \times S^n \xrightarrow{X^n} Y^n)\} \end{array}\right] .$$

Если $Y^n \subseteq Y^*$ и $S^n \subseteq S^*$ , где $Y^*$, $S^*$ - подмножество целевых состояний, то будем считать, что цель диалога достигнута. В противном случае диалог продолжается. При этом управление входным пространством определяется взаимодействием человека и вычислительной системы.

Пусть автомат $A$ не имеет выходов. Для такого автомата $h: S \times X \to 2^S$. Если в таком автомате $S^0$ состоит из одного состояния и задано подмножество целевых состояний $S^*$, то говорят, что автомат представляет события в алфавите $X$. Описание диалога в виде такой модели,определяющей систему только по входам,позволяет исследовать такие ее свойства, которые являются свойствами только структуры диалога и инвариантны по отношению к конкретному алфавиту выходов.

На основе изложенной теории проведем систематизацию диалогов как систематизацию соответствующих им мультиграфов.

Структура диалога "вопрос ЭВМ - ответ ЛПР" (структура $Q$ на рис.I,а). На графе имеется $m$ входов в вершину $Q$ ($m \geq 1$), $n$ выходов и одна петля обратной связи. Петля обратной связи показы-



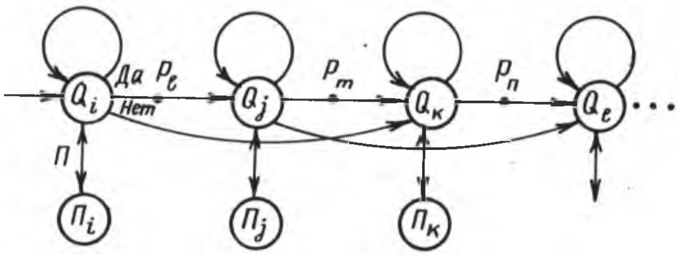

Р и с. I. Структура диалоговой системы "вопрос ЭВМ - ответ ЛПР"

вает, что вопрос повторяется, если ни один из указанных ответов не последовал. Дуга "п" входит в замкнутый контур, соединяющий рассматриваемый узел с информационным блоком $П_i$, выдающим комментарий.

Структура диалога "предложения ЭВМ - ответ ЛПР" (структура $M$, рис.I,б). Каждая из дуг, исходящих из узла $M_i$, соответствует номеру варианта дальнейшей работы. Петля обратной связи и контур $\Pi_i$ соответствуют тем же операциям, что и в рассмотренном выше примере вопроса $Q$. Выделена также структура "терминальное предложение" (структура $T$, рис.I,в).

Из сравнения графов следует вывод, что все три структуры $Q$, $M$ и $T$ в рассматриваемом классе диалоговых систем эквивалентны и теоретически их можно не различать. Практическое значение этого факта состоит в том, что при создании диалоговых систем на базе алгоритмических языков высокого уровня реализация структур $Q$, $M$ и $T$ может быть выполнена с помощью одного унифицированного программного модуля,реализующего стандартные операции, представленные на мультиграфе системы.

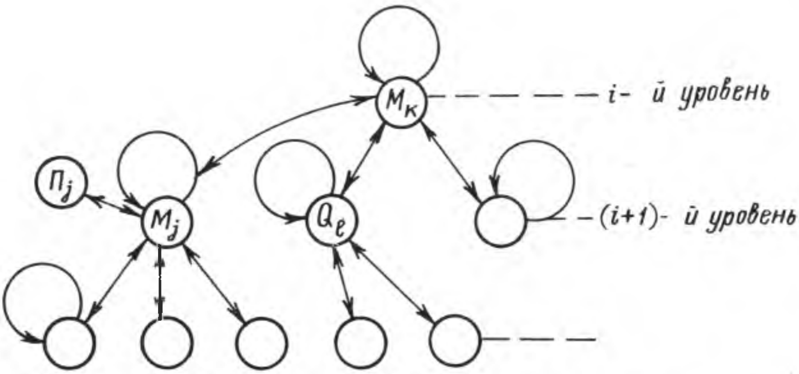
В линейно-последовательной структуре диалога (структура $L$, рис.2) каждый вопрос предполагает ответы (структуры $Q$, $M$ или $T$), приводящие к выполнению либо группы процедур, либо к выхову комментария. Достоинством линейно-последовательной организации диалога является алгоритмическая наглядность процесса получения решения. Такой режим наиболее благоприятен при обработке монотонных, жестко связанных массивов информации, например, ввод исходных данных в систему.



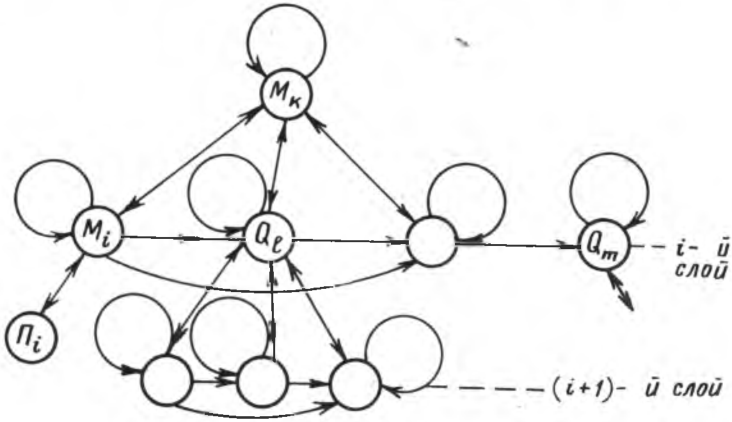

Р и с. 2. Линейно-последовательная структура диалоговой системы

Наиболее широкое распространение имеют иерархические структуры (структура I на рис.3).

Наиболее общий случай представляет иерархическая структура, содержащая слои (структура $S$ на рис.4). Слоем в иерархической структуре будем называть уровень, если существуют непосредственные связи между предложениями этого уровня. Данный вид смешанной структуры является наиболее общим случаем структуры диалогов в заданном классе.




Р и с. 3. Иерархическая структура диалоговой системы




Р и с. 4. Иерархическая структура диалоговой системы смешанного типа

Автомат с выходами позволяет строить более сложные модели диалогов с дополнительными средствами, облегчающими интерактивное проектирование и отладку сценариев, а также улучшающими качество проектируемых сценариев за счет применения принципа умолчания, учета отношений эквивалентности и, минимизации числа состояний.

Определение сценария диалога сводится к синтезу конечного автомата с помощью соответствующего диалогового драйвера. Последнее следует понимать в том смысле, что разработчик может ввести в диалоговый драйвер любую входную (выходную последовательность $l_i \subset X \times Y$ любой длины и в процессе синтеза сценария задавать драйверу вопросы, реализуется ли представленная последовательность $l_i$ в задуманном диалоге. Задача разработчика состоит в том, чтобы, задав драйверу конечное число таких вопросов, синтезировать нужный конечный автомат, реализующий диалог.

Сформулируем теперь задачу минимизации.

Пусть нам задан конечный автомат $A$ и тем самым его поведение $L = h(A)$. Обозначим через $C(h)$ класс автоматов, описывающих диалоги, состоящий из всех автоматов $A_i$ с попарно отличными состояниями, реализующих поведение $h$:

$$C(h) = \{A : h(A) = L\}.$$

Требуется найти автомат $A^* \in C(h)$, реализующий диалог, такой, что для всякого автомата $A \in C(h)$ имеет место $|S_A| \geq |S_{A^*}| = N_{min}$.

Заметим, что в случае, когда диалог $A$ является частично определенным, иногда в задаче минимизации множество $C(h)$ может быть расширено до множества, содержащего также и все диалоги, неотличимые от $A$ на допустимых в $A$ входных словах, т.е. на входных словах множества $L$.

Известно, что задача минимизации для случая, когда $L$ реализуемо полностью определенным инициальным детерминированным автоматом, решена Э.Ф.Муром [6], и это решение сводится к разбиению множества состояний $S_A$ на подмножества попарно неотличимых никаким экспериментом состояний. Для случая, когда $L$ реализуемо детерминированным конечным автоматом общего вида, неизвестен какой-либо регулярный, отличный от перебора метод полной минимизации числа состояний.

Правила умолчания позволяют внести в процедуру диалога некоторые эвристики, отражающие свойства обрабатываемой в процессе диалога информации. Автоматная модель диалога с правилами умолчания имеет следующий вид.

Задан комплекс $\langle A, R \rangle$, где $A$ - автоматная модель диалога без правил умолчания, $R = \{r_1, \dots, r_k\}$ - алфавит правил умолчания. Каждое правило умолчания реализует отображение

$$\nu : r_i(F) \rightarrow S_i \times Y_i ,$$

где $F$ - множество отмеченных разработчиком путей на графе автомата, проходимых в результате диалога, $S_i \subseteq S$, $Y_i \subseteq Y$ - подмножества состояний и выходов автомата, $F = \{f_1, \dots, f_n\}$, $f_r = f(S_k, S_j)$ - путь из вершины $S_k$ в вершину $S_j$ графа.

Можно показать, что для любого комплекса $\langle A, R \rangle$ существует эквивалентный автомат $A$ без правил умолчания. Идея такого преобразования заключается в независимом прослеживании ветви с ответом $y_i$ таким образом, что множество ответов $Y_j$ на вопрос $x_i$ оказывается в новой ветви суженным.

Практическая апробация полученных результатов проведена на примере разработки диалоговой подсистемы автоматизированного проектирования датчиков обобщенной механической силы. Проектирование программы велось в соответствии с разработанным графом диалогов. Эффективность системы подтверждается не только с точки зрения удобства пользователей и экономичности программы, но и по численной оценке длины путей на графе при заданных ограничениях на число воспринимаемых системой символьных конструкций и фиксированном числе узлов графа.

## Библиографический список


1. Кокорева Л.В., Малашинин И.И. Проектирование банков данных. М.:Наука, 1984.
2. Клыков Ю.И., Горьков Л.Н. Банки данных для принятия решения. М.:Советское радио, 1984.
3. Поспелов Д.А. Диалоговые системы. Трудности и успехи// Ученые записки Тартусского гос.ун-та. Тарту. Вып. 512. 1980.
4. Александров В.К. и др. Проектирование датчиков для систем управления с использованием ЭВМ /Александров В.К., Евдокимов В.Е., Смолко Л.В., Шмаков Э.М.-Л.:Труды ЛПИ. 1984. № 391.
5. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию автоматов. М.:Наука, 1985. 320 с.
6. Мур Э.Ф. Умозрительные эксперименты с последовательными машинами//Автоматы. 1956.