

**МОДЕЛИРАНЕ НА ДИАЛОГА В СИСТЕМИТЕ  
ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ****В. Кукенска<sup>1</sup>, П. Минев<sup>1</sup>, И. Върбов<sup>1</sup>, М. Динев<sup>1</sup>**<sup>1</sup> *Технически Университет - Габрово***MODELING DIALOGUE IN AUTOMATED DESIGN SYSTEMS****V. Kukenska<sup>1</sup>, P. Minev<sup>1</sup>, I. Varbov<sup>1</sup>, M. Dinev<sup>1</sup>**<sup>1</sup> *Technical University - Gabrovo***Abstract**

*The dialog in automated design systems for is carried out in real-time mode and provides a solution to a specific design task. Its main parameters are its structure and condition. Modeling the structure of dialogue allows to examine and compare different types of dialogue, defining areas of application and optimizing the dialogue process. The model of human-computer dialogue is considered as a set of models of its structure, state and scenario.*

*This paper aims to present the models created for the different forms of dialog interfaces in automated design systems.*

**Keywords:** model, modeling, dialog interfaces, graphs, state machines**ВЪВЕДЕНИЕ**

В системите за автоматизирано проектиране се използват различни форми на диалогови интерфейси. Тези форми най-често са алтернативна, сценарийна и директивна.

При алтернативната форма диалогът е организиран като функционални менюта за алтернативен избор от потребителя при всеки от етапите на автоматизираното проектиране.

При избор на операции по меню предложенията на системата представляват списък от фрази или думи и съкращения на естествен език, обозначаващи операциите. Управлението на диалога се извършва от системата.

Сценарийна форма на диалог е предназначена за потребители, които все още нямат изградени навици за практическа работа със системите за автоматизирано проектиране. При тази форма на диалог системата изисква от потребителя въвеждане на необходимите данни, указва техния формат, извежда върху екрана съобщения за грешки

и предлага на потребителя да се възползва от помощна информация.

Директивната форма е предназначена за компетентни, опитни потребители, които добре познават възможностите на системата и езика за описание на данните, и имат опит при решение на приложни задачи. Основното предимство на тази форма е възможността за гъвкаво взаимодействие в процеса на диалога и значително намаляване броя на диалоговите контакти между човека и компютъра при търсене на оптимално проектно решение. Инициатор на диалога в този случай се явява човекът. Той задава команди по определен формат и в определена последователност. Потребителят сам определя темпа на взаимодействие и променя хода на процеса в желаното от него направление.

Обект на този доклад е диалогът в системите за автоматизирано проектиране. Диалогът се осъществява в режим на реално време и осигурява решение на конкретна задача за проектиране. Негови основни параметри са структурата и състоянието му.

Моделирането на структурата на диалога позволява да се изследват и съпоставят различните видове диалог, като се определят области на приложение и се оптимизира диалоговия процес. Моделът на диалога се разглежда като съвкупност от модели на структурата, състоянието и сценария му.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Основни параметри на диалога „човек – компютър“ се явяват структурата и състоянието му.

Структурата на диалога е свързана съвкупност от състояния на диалога, получени от общуването на потребителя с диалоговата система.

Състоянието на диалога се определя от три компонента:

- Използваната форма на диалог;
- Достигнатата в системата ситуация;
- Предисторията на диалога.

Предисторията на диалога се определя от последователността на диалоговия обмен до достигната в момента ситуация.

Структурата на диалога „човек – компютър“ обхваща всички възможни състояния на диалоговата система и схемата на възможните преходи между тях.

Структурата на диалога намира най-пълно отражение в сценария на диалога. Сценарий на диалога се нарича пълното описание на структурата и съдържанието на диалога.

Структурата на диалога може да се разглежда и като съвкупност от единични диалогови контакти и възможни преходи между тях. Диалогови контакти се наричат достъпните позиции за потребителя, от които той може да посочи изпълнението на определени процедури или директиви. На всеки диалогов контакт съответства екранен кадър от диалога.

Екранният кадър на диалога се разглежда като формат на съобщението, получено в даден момент на монитора. Кадрите имат фиксирана или променяща се структура. Самите съобщения са организирани като меню или като въпроси и отговори. В кадрите може да се включва помощна информация за потребителите.

Решението на конкретна проектна задача или подзадача може да се разглежда като

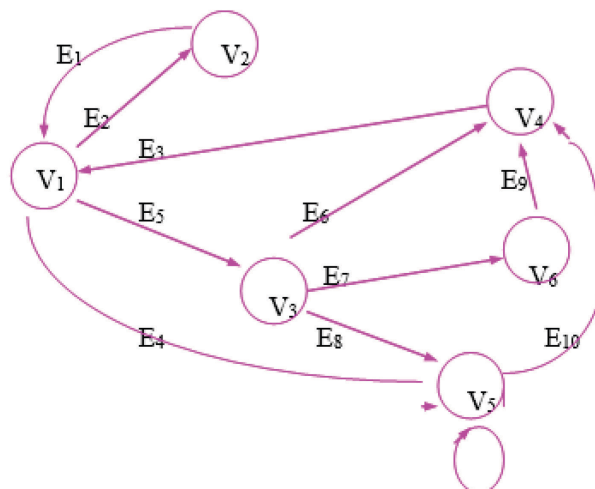
диалогова процедура. Диалоговата процедура представлява алгоритмична последователност от диалогови контакти и преходи между тях.

Моделът на диалога „човек-компютър“ се разглежда като съвкупност от модели на структурата, състоянието и сценария му.

Задачата за моделиране на структурата на диалога може да се формализира като се използват теорията на множествата и теорията на графите.

По определение всеки граф  $G(V(G), E(G))$  представлява съвкупност от две множества  $V(G)$  и  $E(G)$ , където  $V(G)$  е непразно множеството на върховете, а  $E(G)$  - множеството на ребрата.

Ако на множеството на върховете се съпостави множеството на диалоговите контакти, а на множеството на ребрата - множеството на връзките между диалоговите контакти, то графът  $G(V, E)$  е графично представяне на структурата на диалога (фиг. 1).



Фиг. 1. Представяне на структурата на диалога чрез граф

Върховете на графа  $G$  (фиг. 1) са точките за диалогови контакти. На всеки връх (диалогов контакт) съответства екранен кадър от диалога.

Ребрата са разрешените връзки между диалоговите контакти.

На всяка диалогова процедура съответства един маршрут в графа  $G$ . Маршрут в графа  $G$  се нарича крайна последователност от ребра от вида  $\{V_0, V_1\}$ ,  $\{V_1, V_2\}$ , ...,  $\{V_{m-1}, V_m\}$  и се означава така:

$$V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow \dots \rightarrow V_m \quad (1)$$

На всеки маршрут съответства последователност от върхове  $V_0, V_1, V_2, \dots, V_m$ , където  $V_0$  е начален, а  $V_m$  е краен връх на маршрута. Върховете в маршрута могат да се повтарят.

Броят на ребрата на всеки маршрут определя дължина му.

За моделиране на сценария и състоянието на диалога е удачно да се използва теорията на крайните автомати поради аналогията между поведението на крайните автомати и промяната на състоянието на диалога.

При използване теорията на крайните автомати сценария на диалога може да се представи със следния модел,

$$D = \langle S, A, C, Y, G, I, \Omega \rangle, \quad (2)$$

където:

$G$  - структура на диалога (графа на диалога);

$S$  - множество на състоянията;

$A$  - множество на операциите;

$C$  - множество на условията;

$X$  - множество входни съобщения (въпроси);

$F$  - множество програмни условия;

$Y$  - множество на изходни съобщения (реакции).

$$C = X \cup F \quad (3)$$

$$G : S \times C \rightarrow S \quad (4)$$

Сценарият на диалога освен описание на структурата включва в себе си и информационния и операционен модел на диалога.

Информационният модел може да се представим със следния запис,

$$I: \begin{cases} S \rightarrow Y \\ S \times C \rightarrow R, \end{cases} \quad (5)$$

а операционният модел - със следния запис:

$$\Omega: \begin{cases} S \rightarrow A \\ S \times C \rightarrow A \end{cases} \quad (6)$$

Информационният модел на диалога включва множество входни въздействия (сигнали, съобщения)  $X$ , множество на изходните реакция  $Y$  и множеството на състоянията  $S$ .

Ако се представи прехода от едно състояние в друго, както и връзката между входните и изходни съобщения като систе-

ма на въздействието на крайни автомати от вида:

$$A = A ( \{S\}, \{X\}, \{Y\}, F_y, F_s ), \quad (7)$$

То, задачата за определяне на състоянието на диалога  $A$  се свежда до задача за определяне на функциите  $F_s$  и  $F_y$ , където:

$\{X\} = \{X_1, X_2, \dots, X_l\}$  е множество от входни съобщения (реплики) на човека (компютъра);

$\{Y\} = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$  е множество на изходните съобщения (реплики) на компютъра (човека);

$\{S\} = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}$  е множество на състоянията.

$S_0$  е началното състояние на автомата, което съответства на началното състояние на диалога.

$F_y$  е функция на изходните съобщения,

$$F_y : \{S\} \times \{X\} \rightarrow \{Y\} \quad (8)$$

$F_s$  е функция на преходите и се определя така:

$$F_s : \{S\} \times \{X\} \rightarrow \{S\} \quad (9)$$

Функциите  $F_s$  и  $F_y$  могат да се задават таблично и това е отразено на фиг. 2 а,б.

$S$	$X^1$	$\dots$	$X^j$	$\dots$	$X^n$
$S^1$					
$S^2$					
$\vdots$					
$S^i$			$F_s(X^j, S^i)$		
$\vdots$					
$S^m$					

а)

$S$	$X^1$	$\dots$	$X^j$	$\dots$	$X^n$
$S^1$					
$S^2$					
$\vdots$					
$S^i$			$F_s(X^j, S^i)$		
$\vdots$					
$S^m$					

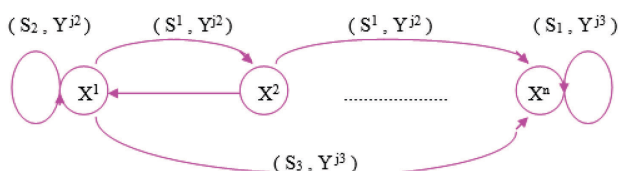
б)

Фиг. 2. Таблицы на преходните функции на автоматите

Тези таблици могат да се представят и като една. В този случай елемента, получен при пресичане на  $i$ -тия ред с  $j$ -тия стълб ще бъде:

$$(F_s(S_j, X_i), F_y(S_j, X_i)) \quad (10)$$

Задаването на функциите  $F_y$  и  $F_s$  може да се извърши и чрез диаграмите на Мур (фиг. 3).



Фиг. 3. Диаграма на Мур на преходите на автоматите

Диаграмите на Мур се построяват по следния начин: Върху работното поле се разполагат  $n$  кръга, които съответстват на възможните състояния на диалога. Във всеки кръг се записва означението на съответстващото му състояние. Преходите между състоянията се означават с насочени ребра. При това всеки преход, който излиза от кръга на състоянието  $X_i$ ,  $i=1, n$  взаимно еднозначно съответства на елемент от множеството  $X_k$ , ако  $Y_i = F_s(X_i, S_j)$ .

Състоянието на диалога  $A$  се изменя във времето  $t$ . Тази промяната се представя със следния математически модел:

$$Y_t = F_y(X_t, S_t) \quad (11)$$

$$S_{t+1} = F_s(X_t, S_t) \quad (12)$$

В общия случай при прехода на автомата  $A$  от състояние  $S_t$  в състояние  $S_{t+1}$ , което съответства на промяната на диалога в интервала време  $(t, t+1)$ , се изменя и натрупва нова информация за обекта на проектиране. Ето защо е удобно в качеството на входно въздействие да се използва съобщението (репликата) на човека - оператор  $X_t$ . То (тя) от своя страна променя информацията за обекта и спомага за формирането на изходна реакция на системата в качеството на изходно съобщение  $Y_t$ . Диалоговата система "човек - компютър" предава съобщението

$Y_t$  на монитора и чака реакцията на оператора  $X_{t+1}$ .

Ако е определено началното състояние на автомата, т.е. определена е стартовата точка на диалога "човек-компютър", то информационния модел на диалога се представя със следния израз:

$$A_s = A(\{S\}, \{X\}, \{Y\}, F_y, F_s, S_0) \quad (13)$$

И ако функционирането на автомата се зададе с отношението (14),

$$F_s = \{(X_l, F_s(S, X_l), F_y(S, X_l)) : X_l \in X, l=1, 2, \dots\} \quad (14)$$

то промяната на състоянието на диалога "човек-компютър" може да се представи със следната система уравнения:

$$\begin{aligned} S(1) &= S_0 \\ S(t+1) &= F_s(S(t), X(t)) \\ Y(t) &= F_y(S(t), X(t)), t = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (15)$$

При така предложения математически апарат задачата за построяването на математическия модел на диалоговия процес се разглежда като задача за определяне на графа на състоянието  $G(V, E)$ , множествата  $\{X\}$ ,  $\{Y\}$  и  $\{S\}$ , функциите  $F_y$  и  $F_s$  и съответствието  $S \rightarrow K$ , където  $\{K\}$  е комплекса от знания за обекта или за предметната област.

Ако всички множества и обекти са определени, то може да се твърди, че и математическия модел на диалоговия процес е определен.

Предимството на използването на теорията на крайните автомати при моделиране на диалоговия процес се определя от възможността за проектиране на йерархични интерфейси в системите за автоматизирано проектиране. Например, някои състояния на автомата могат да се разглеждат като подавтомати, които имат своите крайни множества от състояния, входни въздействия и изходни реакции.

Този модел е удобен и отразява точно сценарийната форма на диалога, която предварително е известна.

Ако развитието на диалоговия процес не е известно предварително, както е при алтернативната и директивна форми на диалог, то е необходимо прогнозиране на поведението на автомата с цел регулиране и управление на диалоговия процес. При моделиране с крайни автомати задачата за прогнозиране на развитието на диалога се привежда към задача за предсказване на поведението на автомата. За целта е необходимо да са известни множествата на входните съобщения  $\{X\} = \{X_1, X_2, \dots, X_l\}$ , функциите  $F_y, F_s$  и началното състояние на автомата  $S_0$ .

За моделиране на алтернативната форма на диалог е удобно да се използват абстрактни крайни автомати.

Нека абстрактният краен автомат  $A=(X, S, Y, F_y, F_s)$  е автомат с  $r$  входа и  $v$  изхода, което съответства на  $r$  възможни отговора (реплики) на човека (компютъра) в дадено състояние на диалога и  $v$  възможни отговора на компютъра (човека). И нека

$$X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_r \quad (16)$$

$$S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_q \quad (17)$$

$$Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_v \quad (18)$$

са декартови произведения на съответните множества  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_l\}$ ,  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_q\}$ ,  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_v\}$ .

Ако  $S' = F_s(S, X)$ ,  $Y' = F_y(S, X)$ ,  $S' = (S'_1, \dots, S'_q)$ ,  $Y' = (Y'_1, \dots, Y'_v)$  са известни, то функциите  $F_{s1}, \dots, F_{sq}$  и  $F_{y1}, \dots, F_{yv}$  могат да се представят така:

$$S'_1 = F_{s1}(S_1, \dots, S_q, X_1, \dots, X_r) \quad (19)$$

.....

$$S'_q = F_{sq}(S_1, \dots, S_q, X_1, \dots, X_r)$$

$$Y'_1 = F_{y1}(S_1, \dots, S_q, X_1, \dots, X_r)$$

.....

$$Y'_v = F_{yv}(S_1, \dots, S_q, X_1, \dots, X_r) \quad (20)$$

Следователно задачата за определяне на функциите  $F_s$  и  $F_y$  се свежда до задача за определяне на функциите  $F_{s1}, \dots, F_{sq}$  и  $F_{y1}, \dots, F_{yv}$ .

Ако началното състояние на диалога "човек- компютър" е известно, то състоя-

нието на диалога в даден момент от време може да се представи със следната система уравнения:

$$S_1(1) = S_{q0} = S_{01}, \dots, S_{q1}$$

$$S_1(t+1) = F_{s1}(S_1(t), \dots, S_q(t), X_1(t), \dots, X_l(t))$$

.....

$$S_q(t+1) = F_{sq}(S_1(t), \dots, S_q(t), X_1(t), \dots, X_l(t))$$

$$Y_1(t) = F_{y1}(S_1(t), \dots, S_q(t), X_1(t), \dots, X_l(t))$$

.....

$$Y_v(t) = F_{yv}(S_1(t), \dots, S_q(t), X_1(t), \dots, X_l(t))$$

Представеният математически модел отразява алтернативната и алтернативно – сценарийната форми на диалог.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на теорията на графите и теорията на множествата позволява привеждането на задачата за моделиране на структурата на диалога към решаване на оптимални задачи от теория на графите.

Приложението на теорията на крайните автомати позволява да се построи математически модел на сценария и състоянието на различните форми на диалоговото взаимодействие.

Представеният математически модел на диалога позволява да се управлява диалоговото взаимодействие, както и да се реализира гъвкав и адаптивен интерфейс в системите за автоматизирано проектиране.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящият документ е изготвен с финансовата помощ на договор № 2209Е за провеждане на научни изследвания по проект на тема: „Виртуална лаборатория за обучение по проектиране на цифров хардуер“ към Технически университет – Габрово.

## REFERENCE

- [1] Swamy M., K. Thulasiraman, Graphs, Networks and Algorithms, Moscow, 1984.
- [2] Bojcheva Svetla, S. Toleva, Discrete Mathematics, Siela, 2018.
- [2] Rosen K., Discrete Mathematics and Its Application, New York, 2012.
- [4] Manev K., Algorithms in graphs, Library i ++, KLMN, Sofia, 2013.