



УДК 623.1/7
ГРНТИ 78.25.35

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ДИАЛОГОВОГО РЕЖИМА РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ НА ЕСТЕСТВЕННО-ПОДОБНОМ ЯЗЫКЕ

*П.А. МОРОЗОВ, кандидат технических наук, доцент
Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны (г. Ярославль)*

Предложено применение естественно-подобного языка в диалоговом режиме решения автоматизированных задач управления как одно из наиболее предпочтительных направлений сокращения рабочего времени боевого расчета органа управления. В качестве основы такого режима взаимодействия использована графовая модель, в которой структура диалога представлена в виде множества взвешенных ориентированных графов. Такая формализация учитывает последовательность ввода данных при решении автоматизированных задач управления за счет определения компонент сильной связности и порядка шагов диалога внутри них на основе отношений межфреймовых связей.

Ключевые слова: оперативность управления, автоматизированное рабочее место, автоматизированные задачи управления, естественно-подобный язык, продукционно-фреймовая модель, шаг диалога, граф диалога.

DIALOG MODE GRAPH MODEL FORMING METHOD FOR SOLVING AUTOMATED CONTROL TASKS IN A NATURAL-LIKE LANGUAGE

*P.A. MOROZOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense (Yaroslavl)*

The application of a natural-like language in the interactive mode of solving automated control tasks is proposed as one of the most preferred ways to reduce the command unit working time. The graph model is used as the basis for such an interaction mode, in which the structure of the dialogue is represented as a set of weighted oriented graphs. This formalization takes into account the sequence of data input when solving automated control tasks by determining the components of strong connectivity and the order of the dialogue steps within them based on the relationships of inter-frame connections.

Keywords: efficiency of management, automated workplace, automated management tasks, natural-like language, production-frame model, dialogue step, dialogue graph.

Введение. Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов последних лет показывает, что бурное развитие средств воздушно-космического нападения, способов их боевого применения, а также модернизация существующего вооружения и военной техники вероятного противника влечет необходимость повышения эффективности применения автоматизированных систем управления (АСУ).

В общем случае АСУ представляет собой совокупность личного состава, комплекса средств автоматизации (КСА) и средств связи, реализующая информационную технологию выполнения задач по обработке информации и управления. Одним из наиболее существенных показателей эффективности АСУ, который в большей степени влияет на реализацию боевых возможностей войск (сил) является оперативность, т.е. возможность системы реагировать на изменение обстановки. Количественно оперативность оценивается рабочим временем – временными затратами боевого расчета органа управления (БР ОУ) при решении поставленных перед ними



задач [1]. Чем меньше рабочее время, тем выше быстродействие системы и тем выше ее оперативность. Уменьшение составляющих рабочего времени без снижения качества решения задач управления является одним из важнейших направлений по повышению оперативности управления.

Актуальность. Анализ решаемых БР ОУ задач показал, что он включает в себя широкий круг задач, часть из которых может быть формализована и решена автоматизировано, другая – не формализуемая и входящие в ее состав задачи решаются БР ОУ с учетом их творческих замыслов и условий обстановки, т.е. не автоматизировано. При этом время решения автоматизированных задач управления вносит существенный вклад в значение рабочего времени БР ОУ. Необходимо отметить, что каждая автоматизированная задача управления (АЗУ) может быть представлена как функция, зависящая от множества данных D , поступающих от лица боевого расчета (ЛБР).

В зависимости от количества данных, вводимых ЛБР, все автоматизированные задачи управления целесообразно разделить на унарные и полиадические. Под унарными задачами понимаются задачи, в которых $|D| = 1$, а под полиадическими – $|D| > 1$.

Анализ направлений сокращения рабочего времени БР ОУ [2] показывает, что наиболее предпочтительным из них является применение запросов на естественно-подобном языке. Отметим, что в этом направлении известен ряд работ [3–5], в которых для формирования оперативной информации на автоматизированном рабочем месте (АРМ) КСА использовались запросы на естественно-подобном языке.

Однако подход, описанный в указанных статьях, имеет ряд недостатков:

1. Подход применим исключительно для решения унарных задач управления.
2. В случае отсутствия необходимых данных в запросе лица боевого расчета (ЛБР) ОУ, а также в случае ошибки в значении этих данных задача управления не будет выполнена и система в большинстве случаев либо не сообщит об этом, либо сообщит только формализованной квитанцией и ЛБР ОУ придется формировать запрос повторно, что в свою очередь приводит к значительному увеличению времени формирования оперативной информации.
3. Анализ порядка решения полиадических задач управления на АРМ КСА показывает, что количество данных, вводимых ЛБР ОУ для их решения может иметь достаточно большое значение, дополнительно к этому предъявляется требование и к порядку ввода этих данных. Этот факт накладывает одно весьма значительное ограничение, которое заключается в том, что чем больше количество данных в запросе ЛБР ОУ на естественно-подобном языке, тем выше вероятность их некорректного ввода, что в свою очередь многократно повышает требования к профессиональной подготовке ЛБР ОУ.

Указанные недостатки обуславливают необходимость разработки способа, в котором особенности решения полиадических автоматизированных задач управления в диалоговом режиме на естественно-подобном языке формализуются на основе применения графовой модели.

Для выполнения этой задачи рассмотрим диалоговый режим решения автоматизированных задач управления как процесс достижения определенных согласованных целей ЛБР и АРМ КСА путем обмена связанными сообщениями (высказываниями) и введем ряд необходимых понятий.

Все сообщения, которыми обмениваются участники диалога между собой, образуют единую сложную конструкцию, называемую структурой диалога. Описание структуры диалога производится путем его декомпозиции на части, называемые шагами диалога и определяется как:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

где X – множество шагов диалога, $x_j \in X, j = \overline{1, n}$ – шаг диалога.

В общем случае под шагом диалога понимается законченная процедура интерактивного взаимодействия ЛБР и АРМ КСА, представленная в виде пары «действие-реакция». Сообщение



активного участника диалога соответствует «действию», а пассивного – «реакции». Последовательность переходов между множеством шагов диалога необходимая для достижения поставленной цели называется сценарием диалога [6].

Формализацию структуры диалогового режима решения АЗУ удобно проводить в виде графа диалога $G(X, F)$, где X – счетное множество шагов диалога, а F – функция отображения $F: X \rightarrow X \cup \emptyset$, в которой $x_i \in \{F(x_j)\}$, если существует шаг диалога, задаваемый траекторией $x_j \rightarrow x_i$, при этом данное отображение определяет на графе множество ориентированных ребер $U = \{u_1, u_2, \dots, u_r\}$, $|U| = r$. Формализм в виде графа диалога позволяет описать структуру диалога и множество его возможных сценариев в рамках дискретной математики и структур универсальных алгебр.

Способ формирования графовой модели диалогового режима решения автоматизированных задач управления изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Способ формирования графовой модели диалогового режима решения автоматизированных задач управления на естественно-подобном языке



Она представляет собой последовательность операций, направленных на формирование множества графов диалога между ЛБР и АРМ КСА при решении автоматизированных задач управления.

Формирование графа диалога $G_i(X_i, F_i)$ между ЛБР и АРМ КСА при решении автоматизированной задачи управления требует последовательного осуществления двух процедур – определение конечного множества шагов диалога $X_i \in X_\infty$ и задание функции отображения $F: X \rightarrow X$ между шагами диалога.

Принимая во внимание сложность процесса диалогового взаимодействия между ЛБР и АРМ КСА, определение конечного множества шагов диалога $X_i \in X_\infty$ предлагается осуществить путем рассмотрения каждой полиадической задачи управления отдельно. Исходной информацией для этого выступает продукционно-фреймовая модель (ПФМ), подробно описанная в [4], с помощью которой представляются знания о воздушной обстановке при решении АЗУ. Антецедент ядра $b'_i \in \hat{B}'$ каждой продукции $\hat{h}_i \in \hat{N}, i = \overline{1, k}$ из состава ПФМ представляется в виде правил алгебры логики описывающих достаточность и взаимосвязь условий решения i -ой полиадической задачи управления. Таким образом, справедливо определить множество шагов диалога $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ для каждой отдельной i -ой полиадической задачи управления путем сопоставления шагов диалога с соответствующими им элементами антецедента ядра продукции $b'_i = \{\sigma_{in(1)}^F, \sigma_{in(2)}^F, \dots, \sigma_{in(n)}^F\}$.

Выполнение процедуры определения функции отображения F_i между шагами диалога на множестве $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ производится путем анализа множества нормативных документов W на КСА. Содержащиеся в W алгоритмы решения полиадических задач управления, а также последовательность кадров меню предоставляемых ИМО задают связи между шагами диалога в виде ориентированных ребер $u_i \in U$.

Задачей следующего этапа является формирование приоритета порядка ввода данных. Отметим, что ЛБР при взаимодействии с АРМ КСА на естественно-подобном языке хоть и имеет возможность выбора наиболее удобной для него точки входа в диалог, а также перехода между шагами диалога, условия решения задач управления накладывают на него ряд ограничений. Так, существуют задачи управления, в которых после ввода группы данных ЛБР, получив промежуточный результат, анализирует его, продолжает ввод. Описанное обстоятельство приводит к возникновению таких шагов диалога x_j , для прохождения которых необходимо сначала пройти шаг диалога x_{j-1} .

Следовательно структура графа диалога на естественно-подобном языке представляется в виде ориентированного слабо-связанного графа, т.е. выполняется условие, что между двумя шагами диалога x_j, x_l может не оказаться соединяющих их ребер $u_i \in U$, но между ними обязательно должен существовать по крайней мере один соединяющий их маршрут. Данное обстоятельство приводит к необходимости разделения графа диалога на соответствующие компоненты сильной связности.

С этой целью на множестве шагов диалога X_i вводится бинарное отношение эквивалентности « \sim » обладающее свойствами: рефлексивности $\forall x_j \in X: x_j \sim x_j$, симметричности $\forall x_j, x_l \in X: x_j \sim x_l \Rightarrow x_l \sim x_j$ и транзитивности $\forall x_j, x_l, x_z \in X: (x_j \sim x_l \wedge x_l \sim x_z) \wedge (x_l \sim x_z \wedge x_z \sim x_j) \Rightarrow x_j \sim x_z \wedge x_z \sim x_j$. Данное отношение эквивалентности « \sim » порождает разбиение этого множества на классы эквивалентности $X_i^s \subseteq X_i$ или компоненты сильной связности графа диалога \hat{G}_i^s , удовлетворяющие следующим условиям:



- каждое из подмножеств $X_i^s \neq \emptyset$;
- два различных подмножества X_i^s и X_i^m , где $s \neq m$, не имеют общих элементов $\forall (X_i^s, X_i^l) \in X_i : X_i^s \cap X_i^l = \emptyset$;
- объединение всех классов эквивалентности множества X_i равно этому множеству $\bigcup_{s=1}^k X_i^s = X_i$, где k – количество классов эквивалентности.

Учитывая описанные выше условия, отметим, что компонентой сильной связности графа диалога $G_i(X_i, F_i)$ называется его подграф \hat{G}_i^s , не являющийся собственным подграфом другого связного подграфа $\hat{G}_i^s \not\subset \hat{G}_i^h$ графа G_i .

Для нахождения компонент сильной связности, на графе диалога необходимо определить матрицу достижимости $D(G_i)$ и матрицу сильной связности $S(G_i)$.

Матрица достижимости $D(G_i)$ – это бинарная матрица замыкания по транзитивности отображения F_i , в которой содержится информация о существовании путей между шагами диалога X_i . Такая матрица формируется по следующему правилу [7]:

$$d_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{если } \exists \langle x_j, x_l \rangle \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (2)$$

где d_{jl} – элемент матрицы $D(G_i)$, $\langle x_j, x_l \rangle$ – путь из j -го шага диалога в l -й.

При построение такой матрицы необходимо учесть все пути длиной от 1 до $n-1$, где n – количество шагов диалога в графе. Длиной пути при этом называется число рёбер, используемых в пути. Заметим, что матрица смежности $A(G_i)$ дает информацию о всех путях длины 1, а для поиска путей длины 2 необходимо найти её композицию саму с собой: $A(G_i) \circ A(G_i) = \{ \langle x_j, x_\chi \rangle : \exists x_l \in X_i : \langle x_j, x_l \rangle, \langle x_l, x_\chi \rangle \in F \}$, т.е.:

$$A(G_i)^2 = \|a_{jl}^2\| = \left(\sum_{k=1}^n a_{jk} a_{kl} \right) = ((a_{j1} \wedge a_{1l}) \vee (a_{j2} \wedge a_{2l}) \vee \dots \vee (a_{jn} \wedge a_{nl})), \quad (3)$$

где a_{jl}^2 – элемент матрицы $A(G_i)^2$, a_{jk}, a_{kl} – элементы матрицы $A(G_i)$.

Следуя указанной выше логике, после нахождения матриц $A(G_i)^q$ композиций $\underbrace{A(G_i) \circ \dots \circ A(G_i)}_q$ для всех q , $1 \leq q \leq n-1$ будет получена информация о всех путях длины от 1 до $n-1$. При применении операции дизъюнкции на полученном множестве композиций формируется матрица достижимости $D(G_i)$ по следующему правилу [7]:

$$D(G_i) = \sum_{q=1}^{n-1} A(G_i)^q = A(G_i)^1 \vee A(G_i)^2 \vee \dots \vee A(G_i)^{n-1} = \|d_{jl}\| = (a_{j1} \vee a_{j1}^2 \vee \dots \vee a_{j1}^{n-1}), \quad (4)$$

где d_{jl} – элемент матрицы достижимости $D(G_i)$, a_{jl} – элемент матрицы смежности $A(G_i)$.

Матрица сильной связности $S(G_i)$ – это симметричная бинарная матрица, содержащая информацию о всех сильно связанных вершинах в графе диалога, заполняемая по правилу [7]:



$$s_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{если } \exists \langle x_j, x_l \rangle, \langle x_l, x_j \rangle, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (5)$$

где s_{jl} – элемент матрицы сильной связности $S(G_i)$, $\langle x_j, x_l \rangle$ – путь из j -го шага диалога в l -й.

Такая матрица может быть построена из матрицы достижимости по формуле:

$$S(G_i) = D(G_i) \& D^T(G_i) = \|s_{jl}\| = (d_{jl} \wedge d_{lj}), \quad (6)$$

где $D(G_i)$ – матрица достижимости, $D^T(G_i)$ – транспонированная матрица достижимости, s_{jl} – элемент матрицы сильной связности $S(G_i)$, d_{jl} – элемент матрицы достижимости $D(G_i)$, d_{lj} – элемент транспонированной матрицы достижимости $D^T(G_i)$.

Дальнейшие действия по выделению компонент сильной связности основаны на анализе матрицы сильной связности $S(G_i)$. В данной матрице необходимо определить шаги диалога, которым соответствуют единицы в первой строке. Полученное множество \hat{X}_i^s – это множество шагов диалога s -ой компоненты сильной связности $\hat{G}_i^s(\hat{X}_i^s, \hat{F}_i^s)$. Удалив из матрицы сильной связности строки и столбцы, содержащие шаги диалога s -ой компоненты сильной связности, необходимо повторить описанные действия до тех пор, пока не будет получена пустая матрица \emptyset , не имеющая ни столбцов, ни строк.

Описанные выше действия представлены в виде алгоритма на рисунке 2.

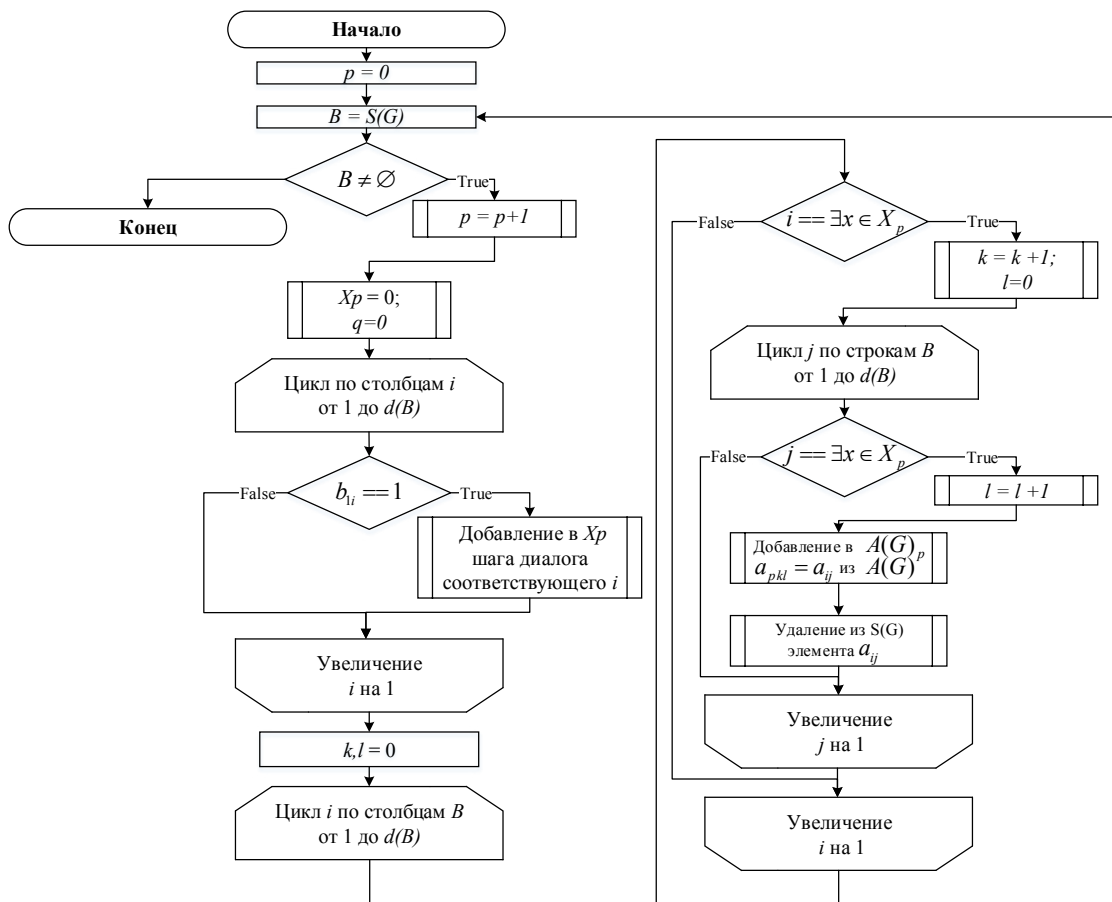


Рисунок 2 – Алгоритм определения компонент сильной связности графа диалога



На первом этапе работы алгоритма определяются две вспомогательные переменные: p – для хранения количества компонент сильной связности, которая на первом шаге инициализируется значением 0, и копию исходной матрицы сильной связности B . Далее проверяется условие, что копия исходной матрицы B не является пустым множеством \emptyset . В случае, когда данное условие принимает значение «истина», количество компонент сильной связности p увеличивается на единицу, а к множеству \hat{X}_i^p добавляются шаги диалога, которым соответствует единица в первой строке матрицы B . Матрица смежности для p -ой компоненты сильной связности $A_p(G_i)$ формируется путем выполнения двух вложенных циклов по всем строкам и столбцам матрицы B . В данном цикле проверяется условие существования ребер, соединяющих шаги диалога в исходной матрице смежности $A(G_i)$. Если ребро существует в матрице $A(G_i)$, то делается вывод, что оно существует и в его подматрице $A_p(G_i)$.

Удалив из матрицы B строки и столбцы, соответствующие шагам диалога множества \hat{X}_i^p , возвращаемся к проверке первого условия: $B \neq \emptyset$ до тех пор, пока оно не станет ложным. Когда данное условие становится ложным, работа алгоритма заканчивается.

В результате выполнения алгоритма формируются:

- p – число компонент сильной связности;
- $\hat{X}_i^s, s=1,2,\dots,p$ – множество шагов диалога s -той компоненты сильной связности $\hat{G}_i(X_i, F) \subseteq G(X, F)$;
- $A_s(G_i), s=1,2,\dots,p$ – множество матриц смежности j -той компоненты сильной связности.

На следующем этапе необходимо определить приоритет шагов диалога внутри компонент сильной связности $\hat{G}_i^s, s=1,\dots,p$. Для этого необходимо установить в какой взаимосвязи между собой находятся шаги диалога. К таким связям в частности возможно отнести отношения: «часть-целое», «общее-частное», «причина-следствие» и т.д. Заметим, что учет таких отношений возможно получить, проведя анализ межфреймовых связей используемой ранее для описания предметной области фреймовой модели. Этот механизм заключается в том, что некоторые слоты фрейма в качестве своих значений могут иметь другие фреймы. Такие слоты называются слотами связи, а отношения, представленные ими – отношениями связи. Наличие слотов связи позволяет строить из фреймов различные сетевые структуры (сети фреймов), узлами которых являются фреймы, а связями – отношения (рисунок 3). Все отношения, заданные в предметной области (ПО), содержатся в фреймовой модели (ФМ), которая является основой ПФМ.

Расстановка приоритета внутри компонент сильной связности на основе иерархии определяемой межфреймовыми связями позволит конкретизировать каждым следующим шагом диалога введенные ранее данные. Однако, учитывая, что ФМ всей ПО представляется в виде большой сложноструктурированной сети, предлагается произвести операцию определения только той ее части, которая присутствует в компоненте сильной связности. Результатом чего является фрагмент фреймовой модели $\Phi M_i \subseteq \Phi M$, содержащий информацию только о шагах диалога $X_i^s \subseteq X_i$ s -ой компоненты сильной связности.

Фрагмент $\Phi M_i \subseteq \Phi M$ возможно представить в виде ориентированного графа $G_{\Phi M}(Y, U)$, где Y – вершины графа (уникальные имена фрейма или слота), отражающие множество показателей ПО, а U – ребра, связи между вершинами. Тогда определение приоритета внутри компоненты сильной связности $\hat{G}_i^s \subseteq G_i$ сводится к сравнению шагов диалога из множества \hat{X}_i^s с элементами Y ФМ, начиная с фрейма верхнего уровня и до нижнего.

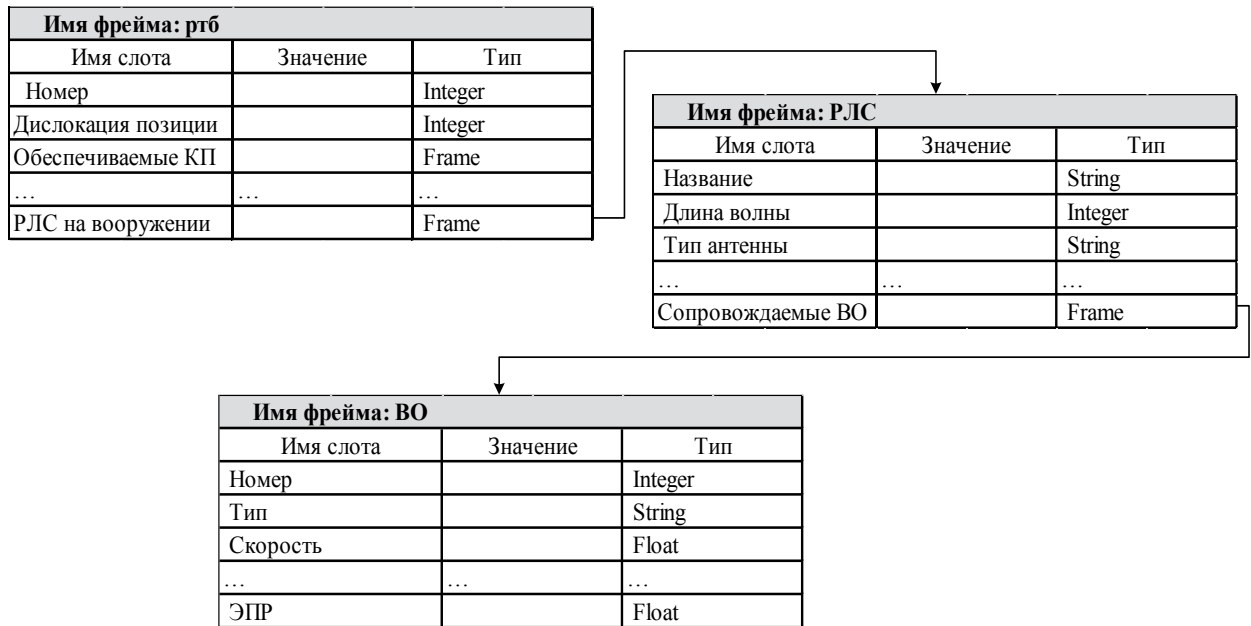


Рисунок 3 – Фрагмент информационной модели автоматизированного рабочего места комплекса средств автоматизации на основе фреймовой модели

Операция сравнения на элементах ФМ требует введения операций: $\eta(F)$ – получения значения имени фрейма и $\nu(F)$ – получения значения слота. Также в соответствии с алгоритмом определения приоритета шагов диалога на основе межфреймовых связей, представленного на рисунке 4, задается множество L , содержащее шаги диалога упорядоченных в соответствии с отношением частичного порядка R на основе иерархии ФМ.

Иерархия фреймовой модели определяется на основе расстояния $d(y_i)$ – числа ребер составляющих кратчайший путь от вершины фрейма верхнего уровня до вершины y_i . Элементы фреймовой модели находятся на одном уровне, если у них одинаковое расстояние. Отношение $x_j R x_i$ над шагами диалога x_j, x_i говорит о том, что шаг диалога x_j находится выше или на одном уровне иерархии с шагом диалога x_i .

Обход ФМ предлагается осуществить на основе поиска в ширину (breadth-first search, BFS). При поиске в ширину вершины обходятся по уровням, где посещается каждая вершина на определенном уровне прежде чем перейти на следующий. Поиск в ширину требует определения следующих структур нижеприведенных данных.

Очередь T является вспомогательным буфером. В нее временно помещаются обойденные вершины (это необходимо для обхода смежных вершин). В структуре данных типа очередь первый помещенный в нее элемент также извлекается первым (*first-in, first-out-FIFO*). Для очереди T определены следующие операции: $push()$ – операция вставки нового элемента, $pop()$ – операция удаления нового элемента, $|T|$ – операция получения количества элементов в очереди.

Массив Z , содержит данные о том, была ли отмечена (пройдена) вершина. Длина Z равна количеству вершин. Каждый элемент массива соответствует одной вершине графа, полученной из ФМ и может принимать два значения:

1 – вершина отмечена (пройдена);

0 – вершина не отмечена.

Результатом работы алгоритма является множество L , которое определяет порядок шагов диалога внутри компоненты сильной связности.

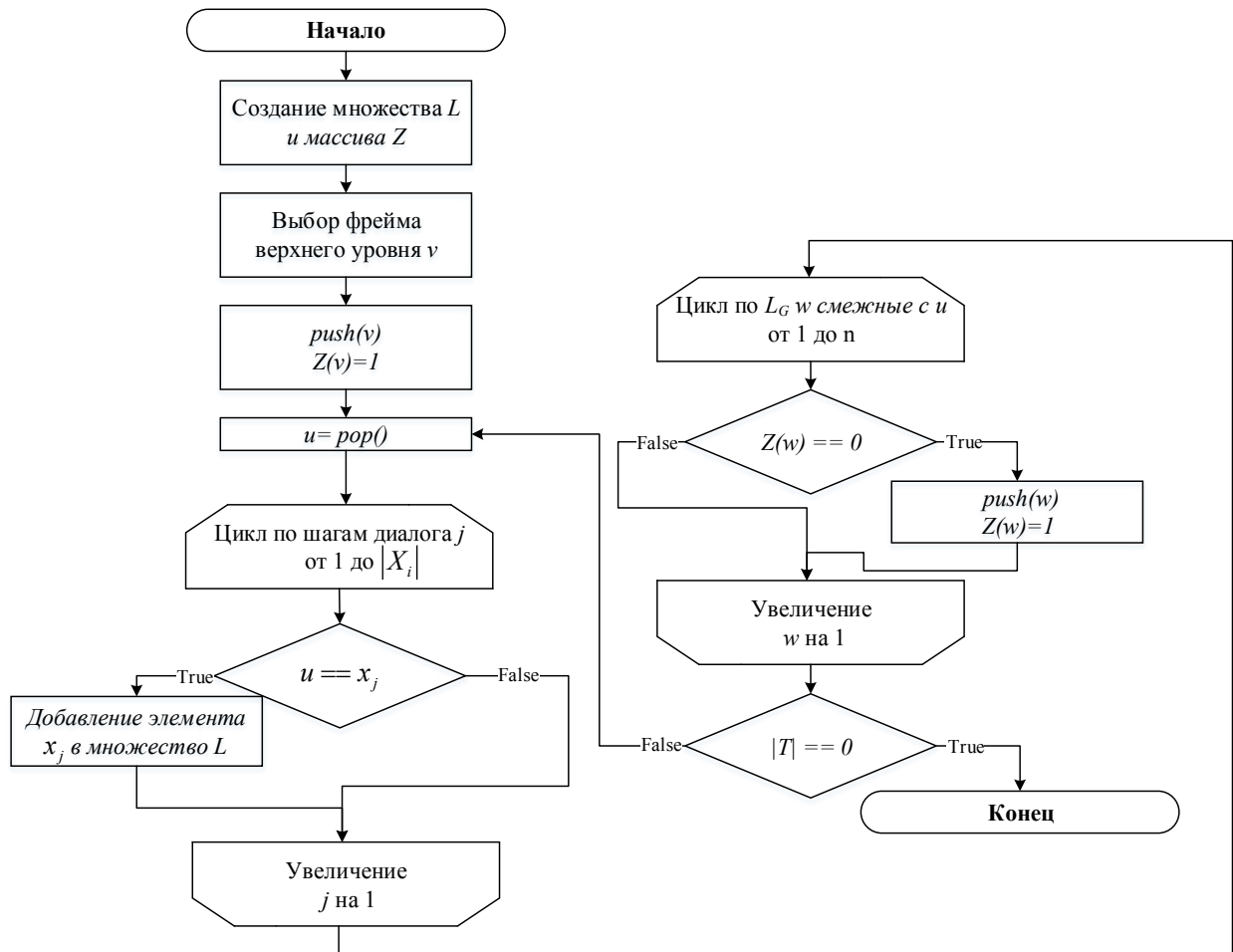


Рисунок 4 – Алгоритм определения приоритета шагов диалога в компонентах сильной связности графа диалога

Проведенные операции определения компонент сильной связности и расстановка приоритета внутри них позволяют произвести нагрузку весами w шагов диалога x_z по следующему правилу:

$$w(x_z) = \sum_{s=1}^k |X_i^s| + L_s(x_z), x_z \in X_i, \quad (7)$$

где k – номер компоненты сильной связности, $L_s(x_z)$ – функция возвращающая положение элемента x_z в упорядоченном множестве L_s определенном для компоненты сильной связности $X_i^s \in X_i$.

Применение описанной выше последовательности действий для всех автоматизированных задач управления позволяет сформировать полное множество взвешенных ориентированных директивных графов диалога $G'_i(X'_i, F'_i) = \{G_i^1(X_i^1, F_i^1), G_i^2(X_i^2, F_i^2), \dots, G_i^m(X_i^m, F_i^m)\}$, где m – количество полиадических автоматизированных задач управления.

Выводы. Актуальность задачи сокращения рабочего времени боевого расчета органа управления обусловлена постоянным развитием средств воздушно-космического нападения вероятного противника с одной стороны и постоянно растущими требованиями к оперативности управления своими силами и средствами с другой.



Выявленные недостатки существующего подхода формирования оперативной информации на естественно-подобном языке определили необходимость разработки способа, в котором учитываются особенности решения полиадических автоматизированных задач управления.

Использование графовой модели, в которой структура диалога представлена в виде множества взвешенных ориентированных графов, позволило учесть последовательность ввода данных при решении полиадических автоматизированных задач управления за счет определения компонент сильной связности и порядка шагов диалога внутри них на основе отношений межфреймовых связей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник офицера воздушно-космической обороны / под общей редакцией С.К. Бурмистрова. Тверь: ВАВКО, 2005. 564 с.
2. Одно из направлений сокращения времени принятия решения оператором автоматизированного рабочего места комплекса средств автоматизации на основе формализованной концептуальной модели воздушной обстановки / Морозов П.А. и др. // Международная НПК «Путь в науку 2018». 2018. С. 223–235.
3. Способ сокращения рабочего времени комплекса средств автоматизации на основе применения запросов на естественно-подобном языке / Морозов П.А. и др. // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Изд-во «Радиотехника». 2020. № 3. С. 5–15.
4. Морозов П.А. Способ формализации концептуальной информационной модели рабочего места комплекса средств автоматизации военного назначения // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Изд-во «Радиотехника». 2020. № 3. С. 16–27.
5. Пат. 2737598 Российская Федерация, МПК G 06 F 16/903, G 10 L 15/08. Способ формирования оперативной информации на основе формализованной концептуальной модели предметной области / Морозов П.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Морозов П.А. [и др.] № 2020105210; заявл. 04.02.2020; опубл. 1.12.2020, Бюл. № 11.
6. Гаскаров Д.В. Интеллектуальные информационные системы: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2003. 431 с.
7. Лекции по теории графов: учебное пособие / Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 392 с.

REFERENCES

1. Spravochnik oficera vozdušno-kosmicheskoy oborony / pod obschej redakciej S.K. Burmistrova. Tver': VAVKO, 2005. 564 p.
2. Odno iz napravlenij sokrascheniya vremeni prinyatiya resheniya operatorom avtomatizirovannogo rabocheho mesta kompleksa sredstv avtomatizacii na osnove formalizovannoj konceptual'noj modeli vozdušnoj obstanovki / Morozov P.A. i dr. // Mezhdunarodnaya NPK «Put' v nauku 2018». 2018. pp. 223–235.
3. Sposob sokrascheniya rabotnogo vremeni kompleksa sredstv avtomatizacii na osnove primeneniya zaprosov na estestvenno-podobnom yazyke / Morozov P.A. i dr. // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayuschie sistemy. M.: Izd-vo «Radiotehnika». 2020. № 3. pp. 5–15.
4. Morozov P.A. Sposob formalizacii konceptual'noj informacionnoj modeli rabocheho mesta kompleksa sredstv avtomatizacii voennogo naznacheniya // Informacionno-izmeritel'nye i upravlyayuschie sistemy. M.: Izd-vo «Radiotehnika». 2020. № 3. pp. 16–27.
5. Pat. 2737598 Rossijskaya Federaciya, MPK G 06 F 16/903, G 10 L 15/08. Sposob formirovaniya operativnoj informacii na osnove formalizovannoj konceptual'noj modeli predmetnoj oblasti / Morozov P.A. [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' Morozov P.A. [i dr.] № 2020105210; zayavl. 04.02.2020; opubl. 1.12.2020, Byul. № 11.



6. Gaskarov D.V. *Intellektual'nye informacionnye sistemy: uchebnyk dlya vuzov*. M.: Vysshaya shkola, 2003. 431 p.

7. *Lekcii po teorii grafov: uchebnoe posobie* / Emelichev V.A., Mel'nikov O.I., Sarvanov V.I., Tyshkevich R.I. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2013. 392 p.

© Морозов П.А., 2021

Морозов Павел Андреевич, кандидат технических наук, доцент, докторант, Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Россия, 150000, г. Ярославль, Московский проспект, 28, mpa24@mail.ru.