

Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння

УДК 004.825

Д.Е. Василенко¹, Д.Н. Обидин¹, П.Г. Бердник², В.Н. Руденко²

¹ *Кировоградская летная академия НАУ, Кировоград*

² *Харьковский национальный университет имени С.Н. Каразина, Харьков*

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИИ В ОТКРЫТОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Разработка перспективных систем управления воздушным движением требует разработки новых подходов к проектированию и разработки специального математического и программного обеспечения. Одним из перспективных направлений совершенствования специального математического обеспечения является использование экспертных систем реального времени для решения сложных задач управления. Для разработки баз знаний и данных таких систем необходимо разработать метод формализации знаний различной природы, описывающих складывающуюся обстановку с различных точек зрения и учитывающих динамический характер объектов управления. Разработанный метод формализации знаний, также, должен реализовать логический вывод в реальном масштабе времени.

Ключевые слова: формализация знаний, знания, база знаний, экспертная система.

Введение

При использовании формальных методов представления знаний о предметной области (ПО) [1] возникает необходимость их структуризации и объединения различных видов знаний в рамках единого процесса решения задач оценки обстановки и выработки управляющих воздействий [2,3,4, 5].

Так, при формализации знаний, возникает необходимость формализации и интерпретации формализованного представления естественных языковых выражений типа «Возможно существует...», «Необходимо что...», «Разрешено...» и других высказываний подобного рода, а также реализации механизма логического вывода в реальном масштабе времени [4,5].

Таким образом, разработка метода формализации знания в открытой экспертной системе реального времени в автоматизированных системах управления воздушным движением является актуальной задачей, решение которой позволит проводить более полное описание знаний ПО и повысить качество решений задач принятия решений.

Анализ литературы. Существующие формальные системы (ФС) для формализации задач рассматриваемого класса имеют следующие недостатки [1 – 7]:

В классической математической логике понятие истины абсолютно. В то же время, истина в требуемом логическом исчислении должна рассмат-

риваться как относительная. Это связано с особенностями рассматриваемой предметной области (ПО).

Понятие истины в математической логике является статическим. Все материальные объекты в отличие от математических изменяют свои свойства и характеристики. Реальные объекты являются динамическими. Следовательно, в требуемом исчислении истины должны рассматриваться как динамические.

Неконструктивность математической логики. Все истины должны иметь конструктивную семантическую интерпретацию в объективной реальности, т.е. должны существовать практические способы установления их соответствия этой реальности - прагматической истинности (здесь и далее речь идет о телеотической прагматике[2]).

На практике для ПО, вследствие наличия субъективных знаний о ней, характерны неполнота и противоречивость информации. Классические логики не позволяют в должной мере описывать объекты ПО в условиях неполноты и противоречивости знаний о них.

Для решения подобных противоречий возможно применение категорной логики как основы построения АФ [2 – 5]. Однако для категорной логики характерна сложность представления объектов различной природы, установление и описание всего множества морфизмов между объектами разных теорий ПО. Это значительно затрудняют возмож-

ность использования категорной логики для формализации задач распознавания ситуации в воздушном пространстве и задач управления воздушными объектами для приведения ситуаций в воздушном пространстве к целевому состоянию (при условии выполнения всех приведенных выше требований к АФ экспертной системы).

В ряде работ обосновано использование для описания процессов принятия решений структуры целевых установок, представленной обобщенной сетевой моделью [2, 6 – 15]. Данная структура является разновидностью неоднородной функциональной сети, и обладает широкими описательными возможностями. Однако в ранее используемом виде СЦУ не позволяла устанавливать истинность целевых установок (НУ) по всем аспектам знаний вследствие отсутствия описательных средств прагматического аспекта. Вместе с тем, необходимость установления прагматической истинности для систем рассматриваемого класса обусловлена характером процесса управления в реальном масштабе времени. В ряде работ отмечено, что описание фактов достижения целей может быть корректно произведено посредством системы понятий (признаков) в рамках четырехзначных логик, обладающих высокими описательными способностями в условиях неопределенности и противоречивости информации [10-15]. Введение в состав ФС, являющейся основой АФ структуры целевых установок (СЦУ), элементов логики присутствия интерпретированной применительно к логике множеств, позволяет устранить ограниченность описательных возможностей рассматриваемой структуры [9].

В ряде работ показано, что рассмотренные логики в самом общем случае могут быть описаны и представлены методами теории нечетких множеств [14].

В ряде работ установлено однозначное соответствие между описаниями алетического и деонтического аспектов знаний в рамках СЦУ [12-15]. Однако, в используемой традиционно СЦУ отсутствуют средства, корректно описывающие процесс установления факта достижения целей в физической реальности. Один из возможных путей решения данной задачи заключается в расширении формальной системы СЦУ элементами нечеткой логики [2, 4].

Таким образом, для формализации знаний о задачах рассматриваемого класса целесообразно использовать формально-логический АФ СЦУ, дополненный для описания прагматического аспекта знаний нечеткими множествами.

Целью данной работы является разработка метода формализации знания в открытой экспертной системе реального времени на основе СЦУ с учетом особенностей предметной области.

Основная часть

Множество целевых установок (ЦУ), начальных условий (НУ), отношений между ЦУ, ЦУ и НУ образуют сетевую структуру целевых установок, определяющую дерево возможных решений, и отражают алетический и деонтический аспекты знаний. Вместе с тем, для решения рассматриваемых задач существенное значение имеет увязка планов решения с ходом их практической реализации.

Будем рассматривать динамику развития физической реальности как множество элементарных событий $H = \langle h_t^\alpha \rangle$ [9], образующих во времени непрерывные цепи, где α - количество событий, происходящих одновременно (с точки зрения целей моделирования) в момент времени t .

Событие может быть зафиксировано в БЗ в виде множества фактов, имеющих единый темпоральный атрибут [2].

Состояние – это утверждение, привязанное к шкале времени и определенное на некотором интервале существования [2].

Целевой установке в физической реальности соответствует некоторая целевая ситуация (ЦС) (именно целевая, так как достижение желаемых ситуаций в физической реальности является целью управления). Применительно к используемой содержательной парадигме, ЦС является прагматической интерпретацией соответствующей ей ЦУ.

Целевую ситуацию можно представить в виде некоторого подмножества событий T_i^* , имеющих место в объективной реальности на промежутке времени $t_1 \leq t^* \leq t_2$ и привязанного к моменту времени t^* , определяющего факт достижения данной ситуации. Тогда непрерывные цепи событий можно представить как непрерывное следование ЦС.

Таким образом, установлением факта достижения некоторой ЦС можно определить прагматическую истинность соответствующей ей ЦУ.

При таком подходе возникает задача описания закономерностей априорного соответствия ЦУ и ЦС в рамках единого формализма.

Факт наступления любого события можно описать в виде формулы [8]:

$$h_t^\alpha = \bigcup_{i=1}^J \bigcap_{j=1}^{n_i} (\phi_{ij}/t = t^*), \quad (1)$$

где ϕ_{ij} – некоторая переменная, описывающая проявление события h_t^α ;

n_i - количество характеристических признаков в i -м подмножестве, однозначно определяющих наступление α -гособытия h_t^α , наступившего в момент времени t^* ;

J - количество групп признаков, описывающих событие h_t^α .

Описание событий может быть осуществлено посредством набора признаков, которые могут быть доступны π_{ij}^t и недоступны ξ_{ir}^t для наблюдения в момент времени t . Различие между признаками π_{ij}^t и ξ_{ir}^t состоит в том, что для первой группы признаков их значение всегда известно, а если нет - то может быть определено, для второй группы - неизвестно. Событие h_t^α может быть представлено в виде формулы:

$$h_t^\alpha = \bigcup_{i=1}^I \left(\bigcap_{j=0}^{k_j} \pi_{ij}^t \right) \bigcap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t \right), \quad (2)$$

где k_j - количество наблюдаемых признаков;

m_i - количество ненаблюдаемых признаков;

$k_j + m_i = n_i$ - для всех i , а π_{i0} и ξ_{i0} обозначают присутствие S для всех $J \leq i \leq I$.

В общем случае признаки π_{ij}^t могут содержать элемент неопределенности, а в процессе определения присутствия некоторых производных понятий (например, НУ) используется логический вывод или некоторые процедуры означивания. В этом случае присутствия признака π_{ij}^t можно представить в виде формулы:

$$\pi_{ij}^t = I\pi_{ij}^t \bigcup \left(\neg I\pi_{ij}^t \right) \bigcap \sigma_{ij}, \quad (i = \overline{1, J}; j = \overline{1, k_i}), \quad (3)$$

где $I\pi_{ij}^t$ - внутренность π_{ij}^t , обладающая свойством $I\pi_{ij}^t \Rightarrow \pi_{ij}^t$; σ_{ij} - неизвестная переменная, принимающая различные значения в результате окончательного распознавания ЦС в процессе логического вывода. Соответственно:

$$\neg \pi_{ij}^t = I\neg \pi_{ij}^t \bigcup \left(\neg I\neg \pi_{ij}^t \right) \bigcap \rho_{ij}, \quad (i = \overline{1, J}; j = \overline{1, k_i}), \quad (4)$$

где ρ_{ij} - независимая неизвестная переменная, определяемая аналогично σ_{ij} .

Подставляя (2) и (3) в (4), получим:

$$h_t^\alpha = \bigcup_{i=2}^I \left[\left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \left(I\pi_{ij}^t \bigcup \left(\neg I\pi_{ij}^t \right) \bigcap \sigma_{ij} \right) \right) \bigcap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t \right) \right], \quad (5)$$

$$\neg h_t^\alpha = \bigcup_{i=2}^I \left[\left(\bigcap_{j=0}^{k_i} \left(I\neg \pi_{ij}^t \bigcup \left(\neg I\neg \pi_{ij}^t \right) \bigcap \rho_{ij} \right) \right) \bigcap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \neg \xi_{ir}^t \right) \right]. \quad (6)$$

Придавая $\xi_{ir}^t, \sigma_{ij}, \rho_{ij}$ в (5) и (6) все значения присутствия из $\{S, N\}$ и исключая элементы, для

которых $\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t = N, \bigcap \sigma_{ij} = N, \bigcap \rho_{ij} = N$, получим некоторое множество формул Φ_x , являющихся интерпретацией (5) и (6) при заданных значениях $\xi_{ir}^t, \sigma_{ij}, \rho_{ij}$.

Установим на множестве Φ_x отношение частичного порядка по правилу $\Phi_1 \leq \Phi_2$, если имеет место эквивалентность $\Phi_1 \Rightarrow \Phi_2 \equiv S$ (если присутствует Φ_1 , то присутствует и Φ_2). Выделим в множестве интерпретаций Φ_x , наибольшее подмножество $I_x \in \Phi_x$, элементы которого однозначно определяют присутствие события h_t^α , то есть $x \Rightarrow \Phi \equiv S$, и наименьшее подмножество C_x , которое не обладает данным свойством, но имеет место в случае отсутствия события $x \Rightarrow \Phi \equiv S$. Примем I_x и C_x в качестве внутренности и замыкания формулы h_t^α . Из (5) и (6) следует:

$$Ih_t^\alpha \equiv \begin{cases} \bigcap_{i \in Q} \bigcap_{j=0}^k I\pi_{ij}^t, & \text{если } Q = \left\{ i / \bigwedge_{m_i} = 0 \right\} \neq \emptyset, \\ N, & \text{если } Q = \emptyset, \end{cases} \quad (7)$$

$$I\neg h_t^\alpha \equiv \begin{cases} \bigcap_{i \in Q} \bigcap_{j=0}^k I\neg \pi_{ij}^t, & \text{если } P = \left\{ i / \bigwedge_{k_i} = 0 \right\} = \emptyset, \\ N, & \text{если } P \neq \emptyset. \end{cases} \quad (8)$$

Из (7) и (8) можно сделать вывод, что однозначное распознавание события h_t^α возможно только по внутренности Ih_t^α или $I\neg h_t^\alpha$. Кроме того, внутренности любых формул и их дополнения должны быть представлены в виде выражений, составленных из признаков, определение значения истинности которых возможно в процессе управления. В этом случае прагматическое описание состояний внешней среды позволит в процессе распознавания делать однозначные выводы. Вместе с тем, в условиях активного противодействия (в том числе информационного) противоборствующей стороны, некоторое количество признаков может быть переведено в разряд ненаблюдаемых. В этом случае, в соответствии с (7), (8), внутренность наступления и не наступления события принимает значение "отсутствует": $I\neg h_t^\alpha \equiv N, Ih_t^\alpha \equiv N$. Однако замыкание наступления или не наступления события может иметь значение "присутствует", что дает возможность перейти от ограниченной (для описываемой ситуации) двухзначной оценки (присутствует, отсутствует) к многозначной [10]. Для обеспечения возможности нечеткой оценки присутствия событий введем в рассмотрение вектор вида [12]:

$$\overline{h_t^\alpha} = \langle I h_t^\alpha, C - h_t^\alpha, I - h_t^\alpha, C h_t^\alpha \rangle. \quad (9)$$

Однозначное распознавание события h_t^α возможно только по присутствию или отсутствию $I h_t^\alpha$ и $I - h_t^\alpha$ принимающих полярные значения из $\{S, N\}$. При одинаковых значениях присутствия $I h_t^\alpha$ и $I - h_t^\alpha$ возможно противоречие ($I h_t^\alpha = S; I - h_t^\alpha = S$), либо неопределенность в оценке события бытия ($I h_t^\alpha = N; I - h_t^\alpha = N$), являющаяся свидетельством недостаточности информации. В иных же случаях, при введении уровня доверия к полученным оценкам, используя нечеткие множества возможно получение оценок складывающихся ситуаций.

Необходимо отметить, что описание событий только посредством наблюдаемых и ненаблюдаемых признаков будет несколько неполным. Действительно, в процессе управления лицу принимающему решению (ЛПР) приходится сталкиваться с ситуациями, когда они вынуждены принимать решение в условиях неполноты и неопределенности информации. В данной обстановке ЛПР вынуждены делать выводы о возможной ситуации в соответствии с некоторой шкалой градации степеней доверия или значимости. Так, при наличии информации, определяющей событие как "возможно h_t^α ", ЛПР будет принимать решение и планировать действия интерпретируя оценку присутствия h_t^α как "имеет место h_t^α ".

Для раскрытия неопределенности разделим все признаки по степени их значимости для распознавания событий на существенные (прямые) и несущественные (косвенные) [13].

В соответствии с этим, в множестве существенных признаков будем различать утверждающие τ_{in}^t и опровергающие ε_{is}^t признаки:

$$\Theta_{iL} = \langle \tau_{in}^t, \varepsilon_{is}^t \rangle, \quad L = S + N.$$

Под несущественными признаками Ω_{it} будем понимать такие признаки, которые свидетельствуют о возможном наличии или отсутствии события h_t^α .

Соответственно, несущественные признаки также будем разделять на утверждающие γ_{iu}^t и опровергающие θ_{if}^t , $\Omega_{it}^e = \langle \gamma_{iu}^t, \theta_{if}^t \rangle$, $t = u + f$.

Существенные и несущественные признаки могут быть как наблюдаемыми, так и ненаблюдаемыми. Для ненаблюдаемых признаков, соответственно, введем следующие обозначения: χ_{ia}^t - ненаблюдае-

мые существенные, $\zeta_{i\beta}^t$ - ненаблюдаемые несущественные, $\lambda_{i\delta}^t$ - ненаблюдаемые существенные утверждающие, μ_{ih}^t - ненаблюдаемые существенные опровергающие, ϕ_{id}^t - ненаблюдаемые несущественные утверждающие, ν_{ig}^t - ненаблюдаемые несущественные опровергающие, $\alpha = \delta + h$, $\beta = g + d$.

Введение такой шкалы признаков обосновано тем, что события, заключающиеся в наблюдении данных признаков, составляют полную группу событий.

С учетом приведенных рассуждений, выражение (9) можно записать в виде:

$$h_t^\alpha = \bigcup_{i=1}^I \left[\left(\bigcap_{n=0}^{N_i} \tau_{in}^t \bigcap_{s=0}^{S_i} \varepsilon_{is}^t \bigcap_{u=0}^{U_i} \gamma_{iu}^t \bigcap_{f=0}^{F_i} \theta_{if}^t \right) \cap \left(\bigcap_{\delta=0}^{\Delta_i} \lambda_{i\delta}^t \bigcap_{h=0}^{H_i} \mu_{ih}^t \bigcap_{d=0}^{D_i} \phi_{id}^t \bigcap_{g=0}^{G_i} \nu_{ig}^t \right) \right], \quad (10)$$

где N_i, S_i, U_i, F_i - соответственно количество признаков $\tau_{in}^t, \varepsilon_{is}^t, \gamma_{iu}^t, \theta_{if}^t$, $N_i + S_i + U_i + F_i = m_i$; Δ_i, H_i, D_i, G_i - соответственно количество признаков $\lambda_{i\delta}^t, \mu_{ih}^t, \phi_{id}^t, \nu_{ig}^t$, $\Delta_i + H_i + D_i + G_i = k_i$.

При наличии наблюдаемых опровергающих признаков область $C^I h_t^\alpha$ выходит за пределы $I h_t^\alpha$, так как данные признаки снижают степень уверенности в наступлении события.

Под областью неуверенной возможности $C^C h_t^\alpha$ будем понимать такой набор признаков, в котором несущественные утверждающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть не наблюдаемы:

$$C^C h_t^\alpha \equiv \begin{cases} \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{u=0}^{U_i} \gamma_{iu}^t, & \text{если } P = \{i / U_i = 0\} = \emptyset, \\ S, & \text{если } P \neq \emptyset. \end{cases} \quad (11)$$

Область неуверенной возможности при отсутствии наблюдаемых опровергающих признаков совпадает с замыканием формулы (10).

Под областью уверенной невозможности $C^I - h_t^\alpha$ будем понимать такой набор признаков, в котором существенные опровергающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть не наблюдаемы:

$$C^I - h_t^\alpha \equiv \begin{cases} \bigcap_{i \in K} \bigcup_{n=0}^{H_i} \varepsilon_{ih}^t, & \text{если } K = \{i / H_i = 0\} = \emptyset, \\ S, & \text{если } K \neq \emptyset. \end{cases} \quad (12)$$

Введем в рассмотрение "вектор уверенности распознавания события" \overline{v}_h и проанализируем воз-

возможность раскрытия неопределенности
 $(Ih_t^\alpha = N; I-h_t^\alpha = N)$:

$$\bar{v}_h = \langle C^I h_t^\alpha, C^C h_t^\alpha, C^I -h_t^\alpha, C^C -h_t^\alpha \rangle. \quad (13)$$

Вектор составлен исходя из рассуждений, положенных в основу построения выражения (9).

Введем на рассматриваемом множестве признаков отношения строгого порядка по правилу $\{\tau_{in}^t\} > \{\gamma_{iu}^t\}; \{\varepsilon_S^t\} > \{\varphi_{if}^t\}$.

Данное правило может быть интерпретировано как большая степени доверия существенным признакам по отношению к несущественным при оценке прагматической истинности событий.

Используя рассуждения, аналогичные приведенным выше, можно составить выражения для распознавания ситуаций. Заменяя в выражениях (6) - (12) значения присутствия признаков на оценки присутствия событий, получим значения оценок присутствия ситуаций.

Очевидно, что более глубокое раскрытие неопределенности потребует дальнейшего ранжирования признаков в соответствии с некоторой шкалой.

Выводы

Таким образом, при разделении множества признаков на прямые и косвенные, утверждающие и опровергающие, возможно более полное использование информации, позволяющей определять значение прагматической истинности описаний ЦС в условиях

неопределенности исходной информации с некоторой степенью доверия. Следует отметить, что полученная шкала с высокой степенью достоверности отражает шкалу значений и признаков, характеризующих факты распознавания событий, процессов, введенную для распознавания ситуаций в существующей интеллектуальной управляющей системе [15].

Таким образом, ранжирование признаков, введение областей толерантности, использование значения их присутствия как составляющих вектора уверенности распознавания и собственно оценка его значения по восьмизначной шкале, составляют суть метода формализации знаний для экспертной системы реального времени и оценки факта достижения целей в физической реальности.

Метод оценки прагматической истинности достижения целей на основе разработанных процедур (его структура приведена на рис. 1) может быть сформулирован следующим образом.

1. Разделение в процессе формализации знаний всех доступных системе признаков на существенные и несущественные утверждающие, существенные и несущественные опровергающие.
2. Описание событий посредством введенной системы признаков.
3. При наличии информации от источников, определение множества наблюдаемых и ненаблюдаемых признаков и значений их истинности.
4. Определение значений присутствия признаков $C^I h_t^\alpha, C^C h_t^\alpha, C^I -h_t^\alpha, C^C -h_t^\alpha$ событий h_t^α .

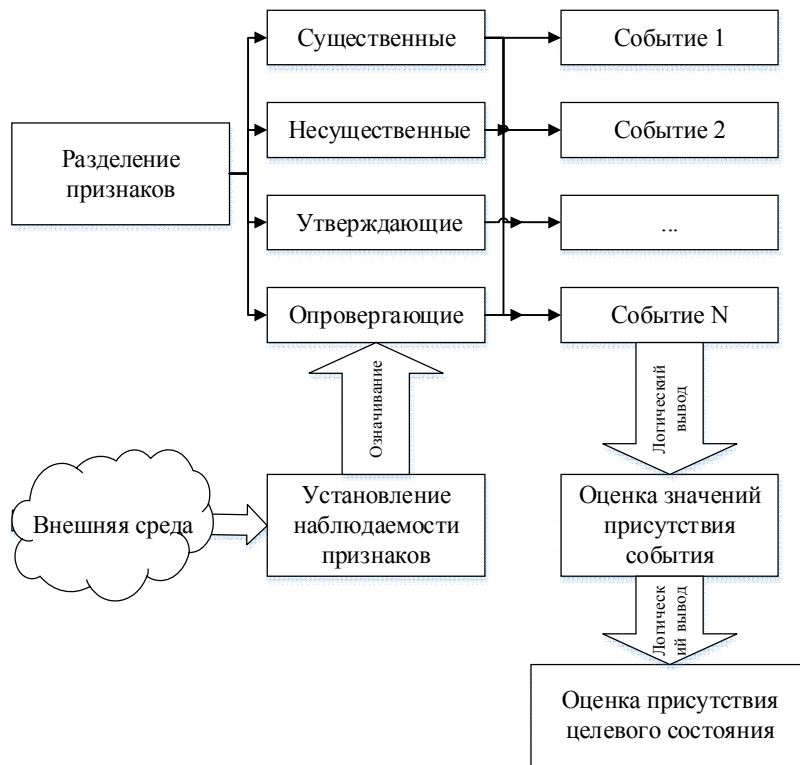


Рис. 1. Структура разработанного метода

5. Определение значения присутствия событий h_t^α .

6. На основании значения присутствия событий определение значения присутствия событий ЦС согласно (2.29-2.32). При этом вместо значений соответствующих признаков подставляются значения события, данные о котором получены.

7. Определение значения присутствия ЦС.

Двухступенчатое распознавание (первоначально - событий, затем - ситуаций) позволяет упростить процесс распознавания динамических ситуаций, описываемых большим количеством признаков, поступающих в различные моменты времени.

Простота посылок, используемых для описания событий и ЦС, отсутствие сложных вычислений при определении значений их прагматической истинности, позволяют использовать данный метод для построения методики распознавания ситуаций. Кроме того, распознавание ЦС позволит осуществлять своевременное выявление неблагоприятных тенденций развития обстановки, что в последующем позволит реализовать концепцию упреждающей и самообучающейся системы.

Список литературы

1. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 30 с.
2. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Радио и связь, 1990. - 304 с.
3. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. - Х.: ХВУ, 1993. - 446 с.
4. Ивлев Ю.В. Содержательная семантика модальной логики / Ю.В. Ивлев. - М.: МГУ, 1985. - 170 с.
5. Слинин Я.А. Современная модальная логика / Я.А. Слинин. - Л.: ЛГУ, 1976. - 104 с.

6. Соснин П.И. Логика понятий / П.И. Соснин. - Саратов: Саратовский государственный университет, 1986. - 86 с.

7. Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки / Под ред. В.А. Смирнова. - М.: Наука, 1984. - 368 с.

8. Чень Ч. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Ч. Чень, Р. Ли. Пер. с англ. - М.: Наука, 1983. - 360 с.

9. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. - М.: Мир, 1976. - 165 с.

10. Дюбуа Д., Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатики / Д. Дюбуа, А. Прад Пер. с франц. - М.: Радио и связь, 1990. - 287 с.

11. Низиенко Б.И. Метод формализации знаний, содержащих модальности для экспертных систем реального времени / Б.И. Низиенко, М.А. Павленко, П.Г. Бердник // Системи обробки інформації. - Х.: ХВУ, 2004. - Вип. 10(38). - С. 117-125.

12. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації. - Х.: ХВУ, 2004. - Вип. 9 (37). - С. 124-133.

13. Павленко М. А. Когнітивний підхід до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, В.К. Медведєв, П.Г. Бердник, С.В. Міхасьов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. - 2016. - № 2. - С. 138-141.

14. Онпиченко П.М. Напрямки підвищення оперативності і якості бойової підготовки льотного складу авіації Повітряних Сил Збройних Сил України / П.М. Онпиченко, М.А. Павленко, О.І. Тимочко // Системи обробки інформації. - Х.: ХУПС, 2016. - Вип. 3. - С. 264-266.

15. Гибридная модель знаний для распознавания ситуаций в воздушном пространстве / М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Н.А. Королюк, М.Ю. Гусак // Автоматика и вычислительная техника. - Рига: АВТ, 2014. - No. 5, Vol. 49. - С. 16-25.

Поступила в редколлегию 15.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков.

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ В ВІДКРИТІЙ ЕКСПЕРТНІЙ СИСТЕМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Д.Є. Василенко, Д.М. Обідін, П.Г. Бердник, В.М. Руденко

Розробка перспективних систем управління повітряним рухом вимагає розробки нових підходів до проектування і розробки спеціального математичного та програмного забезпечення. Одним з перспективних напрямів удосконалення спеціального математичного забезпечення є використання експертних систем реального часу для вирішення складних завдань управління. Для розробки баз знань і даних таких систем необхідно розробити метод формалізації знань різної природи, що описують складну обстановку з різних точок зору і враховують динамічний характер об'єктів управління. Розроблений метод формалізації знань, також, повинен реалізувати логічний висновок в реальному масштабі часу.

Ключові слова: формалізація знань, знання, база знань, експертна система.

FORMALIZATION OF KNOWLEDGE IN EXPERT SYSTEMS OPEN LIVE IN AUTOMATED SYSTEMS AIR TRAFFIC CONTROL

D.E. Vasilenko, D.N. Obidin, P.G. Berdник, V.N. Rudenko

Development of advanced air traffic control systems requires the development of new approaches to the design and development of special mathematical and software. One of the promising ways to improve special software is the use of expert systems for real-time solutions to complex management problems. To develop the knowledge base and data of such systems is necessary to develop a method of formalization of knowledge of different nature, describing the evolving situation from different points of view and taking into account the dynamic nature of the management objects. Formalize the knowledge developed method, too, must implement the logical output in real time.

Keywords: the formalization of knowledge, knowledge, knowledge base, expert system.