

МЕТОДИКА ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ О ЗАБОЛЕВАНИЯХ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ

д.м.н. Зайцев В.Т., к.м.н. Щербаков В.И., к.т.н. Козлов С.А.,
к.т.н. Низиенко Б.И., Федорченко Л.А.
(представил д.т.н. проф. Е.И. Бобыр)

Предложена и обоснована методика формализации и оценки прагматической истинности описаний заболеваний в диагностической экспертной системе.

При решении задач формализации знаний в диагностических экспертных системах возникает проблема выбора аппарата формализации, корректно описывающего процесс диагностирования [1]. В качестве основы требуемого аппарата формализации знаний о заболеваниях в медицинских диагностических экспертных системах возможно использование модальной многозначной логики, в частности, модальной системы **S5** [2], обладающей рядом преимуществ, предопределяющих ее использование:

- полный учет всех наборов признаков;
- возможность использования при распознавании только признаков, доступных системе в данный момент для наблюдения;
- возможность анализа и распознавания заболеваний в условиях неопределенности;
- учет модальностей типа „необходимо“, „возможно“ в процессе распознавания заболеваний.

В рамках предлагаемого подхода динамика развития заболевания рассматривается как последовательность элементарных событий $\mathbf{H} = \{h_t^a\}$, образующих во времени непрерывные цепи, где \mathbf{a} - количество событий, происходящих одновременно (с точки зрения целей моделирования) в момент времени \mathbf{t} .

Определение 1. Элементарное событие - это мгновенное (с точки зрения целей моделирования) изменение параметров или состояний объ-

© Зайцев В.Т., Щербаков В.И., Козлов С.А., Низиенко Б.И., Федорченко Л.А., 1998

ектов физической реальности в результате совершения действий или естественного эволюционирования.

Событие может быть зафиксировано в БЗ в виде множества фактов, имеющих единый темпоральный атрибут, определяющий момент реализации события.

Определение 2. Состояние - это утверждение, привязанное к шкале времени и определенное на некотором интервале существования.

В общем случае описание заболевания можно представить в виде некоторого подмножества описаний событий Y_t^* , имеющих место на промежутке времени $t_1 \leq t^* \leq t_2$ и привязанного к моменту времени t^* .

Таким образом, в процессе установления значения прагматической истинности заболевания, базовым является такое описание событий, которое позволит определять факт его наличия в условиях противоречивости и неполноты информации.

Факт наступления любого события можно описать на языке булевой алгебры в виде

$$\dot{h}_t^a = \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{j=1}^{n_i} (\varphi_{ij} / t = t^*), \quad (1)$$

где φ_{ij} - некоторая переменная, описывающая проявление некоторого события \dot{h}_t^a ; n_i - количество характеристических признаков в i -м подмножестве, однозначно определяющих наступление события с условным номером „а“, происходящее в момент времени t^* .

Описание событий может быть осуществлено посредством некоторого набора признаков: доступных π_{ij}^t и недоступных ξ_{ij}^t для наблюдения в момент времени t . Различие между признаками $\{\pi_{ij}^t\}$ и $\{\xi_{ij}^t\}$ состоит в том, что для первой группы признаков их значение (присутствие **S** или отсутствие **N**) всегда известно, а если нет, то может быть в явном виде определено, для второй группы - их значение неизвестно. Событие \dot{h}_t^a может быть представлено в виде

$$\dot{h}_t^a = \bigcup_{i=1}^I [(\bigcap_{j=0}^{k_i} \pi_{ij}) \cap (\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t)] / t = t^*, \quad (2)$$

где \mathbf{k}_i - количество наблюдаемых признаков; \mathbf{m}_i - количество ненаблюдаемых признаков; $\mathbf{k}_i + \mathbf{m}_i = \mathbf{n}_i$ - для всех i , а π_{i0} и ξ_{i0} обозначают присутствие \mathbf{S} для всех $1 \leq i \leq I$.

В общем случае признаки π_{ij}^t могут содержать элемент неопределенности, а в процессе определения значений присутствия некоторых производных понятий используется логический вывод или некоторые процедуры означивания. В этом случае присутствие признака π_{ij}^t можно определить по формуле

$$\pi_{ij}^t = \mathbf{I}\pi_{ij}^t \cup (\neg \mathbf{I}\pi_{ij}^t) \cap \mathbf{o}_{ij}, \quad (i = 1, 2, \dots, J; j = 1, 2, \dots, k_i), \quad (3)$$

где $\mathbf{I}\pi_{ij}^t$ - внутренность π_{ij}^t , обладающая свойством $\mathbf{I}\pi_{ij}^t \rightarrow \pi_{ij}^t$; \mathbf{o}_{ij} - неизвестная переменная, принимающая значения \mathbf{S} или \mathbf{N} в результате окончательного распознавания ситуации в процессе логического вывода.

Соответственно,

$$\neg \pi_{ij}^t = \mathbf{I}\neg \pi_{ij}^t \cup (\neg \mathbf{I}\neg \pi_{ij}^t) \cap \rho_{ij}, \quad (i = 1, \dots, J; j = 1, \dots, k_i), \quad (4)$$

где ρ_{ij} - независимая неизвестная переменная, определяемая аналогично \mathbf{o}_{ij} .

Подставляя (3) и (4) в (2), получим

$$\hbar_t^a = \bigcup_{i=1}^I \left[\left(\bigcap_{j=0}^{k_i} (\mathbf{I}\pi_{ij}^t \cup (\neg \mathbf{I}\pi_{ij}^t) \cap \sigma_{ij}) \right) \cap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t \right) \right] / t = t^*; \quad (5)$$

$$\neg \hbar_t^a = \bigcup_{i=1}^I \left[\left(\bigcap_{j=0}^{k_i} (\mathbf{I}\pi_{ij}^t \cup (\neg \mathbf{I}\neg \pi_{ij}^t) \cap \sigma_{ij}) \right) \cap \left(\bigcap_{r=0}^{m_i} \xi_{ir}^t \right) \right] / t = t^*. \quad (6)$$

Придавая $\xi_{ir}^{t^{i=1}}$, $\sigma_{ij}^{j=0}$, ρ_{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 Ψ_x , являющихся интерпретацией (5) и (6) при заданных значениях ξ_{ir}^t , σ_{ij} , ρ_{ij} .

Установим на множестве Ψ_x отношение частичного порядка по правилу $\Psi_1 < \Psi_2$, если имеет место эквивалентность $\Psi_1 \Rightarrow \Psi_2 \equiv S$ (если присутствует Ψ_1 то присутствует и Ψ_2). Выделим в множестве интерпретаций Ψ_x наибольшее подмножество $I_x \in \Psi_x$ элементы которого однозначно определяют присутствие события \dot{h}_t^a , то есть $\Psi \Rightarrow x \equiv S$ и наименьшее подмножество C_x которое не обладает данным свойством, но имеет место в случае присутствия события, $x \Rightarrow \Psi \equiv S$. Примем I_x и C_x в качестве внутренней и замыкания формулы \dot{h}_t^a . Из (5) и (6) следует

$$\dot{h}_t^a = \begin{cases} \bigcup_{i \in Q} \bigcap_{j=0}^{k_i} I \pi_{ij}^t / t = t^*, & \text{если } Q = \{i / m_i = 0\} \neq \emptyset; \\ N, & \text{если } Q = \emptyset, \end{cases} \quad (7)$$

$$\neg \dot{h}_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i=1}^I \left(\bigcup_{j=0}^{k_i} I \neg \pi_{ij}^t \right) / t = t^* & \text{если } P = \{i / k_i = 0\} \neq \emptyset; \\ N, & \text{если } P = \emptyset. \end{cases} \quad (8)$$

Из (7) и (8) следует, что однозначное распознавание события \dot{h}_t^a возможно только по внутренней $I \dot{h}_t^a$ или $I \neg \dot{h}_t^a$. Кроме того, внутренности любых формул и их дополнения должны быть представлены в виде выражений, составленных из признаков (доступных для наблюдения), определение значения истинности которых возможно в процессе диагно-

стирования. Только в этом случае прагматическое описание заболевания позволит в процессе распознавания делать однозначные выводы. Вместе с тем, в процессе диагностирования некоторое количество признаков может быть ненаблюдаемо. В этом случае, в соответствии с (6), (7), внутренность наступления и ненаступления события принимает значение "отсутствует": $\mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a \equiv \mathbf{N}$, $\mathbf{I}\dot{h}_t^a \equiv \mathbf{N}$. Однако замыкание наступления или ненаступления события может иметь значение „присутствует“, что дает возможность перейти от ограниченной (для описываемой ситуации) двухзначной оценки (присутствует, отсутствует) к многозначной.

Для обеспечения возможности многозначной оценки события введем в рассмотрение вектор вида.

$$\overline{\dot{h}_t^a} = \langle \mathbf{I}\dot{h}_t^a, \mathbf{C}\neg\dot{h}_t^a, \mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a, \mathbf{C}\dot{h}_t^a \rangle. \quad (9)$$

Однозначное распознавание события \dot{h}_t^a возможно только по присутствию или отсутствию $\mathbf{I}\dot{h}_t^a$ и $\mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a$, принимающих полярные значения из $\{\mathbf{S}, \mathbf{N}\}$. При одинаковых значениях присутствия $\mathbf{I}\dot{h}_t^a$ и $\mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a$ имеет место явное противоречие ($\mathbf{I}\dot{h}_t^a = \mathbf{S}; \mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a = \mathbf{S}$), либо неопределенность в оценке события ($\mathbf{I}\dot{h}_t^a = \mathbf{N}; \mathbf{I}\neg\dot{h}_t^a = \mathbf{N}$), являющаяся свидетельством недостаточности информации.

Необходимо отметить, что описание событий только посредством наблюдаемых и ненаблюдаемых признаков будет неполным. Действительно, в процессе диагностирования приходится сталкиваться с ситуациями, когда необходимо принимать решение в условиях неполноты и неопределенности информации, делая выводы о возможной толерантности ситуации в соответствии с некоторой шкалой градации степеней неопределенности. Так, при наличии информации, определяющей событие как „возможно \dot{h}_t^a “, врач будет принимать решение и планировать действия, интерпретируя оценку присутствия \dot{h}_t^a как „имеет место \dot{h}_t^a “.

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

Определение 3. Под существенными признаками Θ_{II} будем понимать такие признаки, которые однозначно свидетельствуют о наличии или отсутствии события \dot{h}_t^a .

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

$$\theta_{il}^t = \langle \tau_{in}^t \varepsilon_{is}^t \rangle, \quad l = n + s.$$

Определение 4. Под косвенными признаками Ω_{it} будем понимать такие признаки, которые свидетельствуют о возможном наличии или отсутствии события \hat{h}_t^a .

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

Существенные и косвенные признаки могут быть как наблюдаемыми, так и ненаблюдаемыми. Для ненаблюдаемых признаков, соответственно, введем следующие обозначения χ_{ia}^t - ненаблюдаемые существенные, $\zeta_{i\beta}^t$ - ненаблюдаемые косвенные, $\lambda_{i\delta}^t$ - ненаблюдаемые существенные утверждающие, \wp_{ih}^t - ненаблюдаемые существенные опровергающие, ϕ_{id}^t - ненаблюдаемые косвенные утверждающие, v_{ig}^t - ненаблюдаемые косвенные опровергающие, $\alpha = \partial + h$, $\beta = g + d$.

Следует отметить, что совокупность всех возможных значений, оцениваемых по элементам вектора (9), составляют полную группу событий.

С учетом приведенных рассуждений, выражение (1) можно записать в виде

$$\hat{h}_t^a = \bigcup_{i=1}^I \left[\left(\bigcap_{n=0}^{N_i} \tau_{in}^t \bigcap_{s=0}^{S_i} \varepsilon_{is}^t \bigcap_{u=0}^{U_i} \gamma_{iu}^t \bigcap_{f=0}^{F_i} g_{if}^t \right) \cap \right. \\ \left. \bigcap_{\delta=0}^{\Delta_i} \lambda_{i\delta}^t \bigcap_{h=0}^H \wp_{ih}^t \bigcap_{d=0}^{D_i} \phi_{id}^t \bigcap_{g=0}^{G_i} v_{ig}^t \right] / t = t^* \quad (10)$$

где N_i, S_i, U_i, F_i - количество признаков $\tau_{in}^t, \varepsilon_{is}^t, \gamma_{iu}^t, g_{if}^t$ и $N_i + S_i + U_i + F_i = m_i$;

Δ_i, H_i, D_i, G_i - количество признаков $\lambda_{i\delta}^t, \wp_{ih}^t, \phi_{id}^t, v_{ig}^t$ и $\Delta_i + H_i + D_i + G_i = k_i$.

Пользуясь приемом, использованным при выводе формул (7), (8), получим некоторое множество формул Ξ_x , являющихся окрестностью формулы (10), которые аналогично (7), (8) используем для выделения внутренних $\mathbf{I}\hbar_t^a$ и $\mathbf{I}\neg\hbar_t^a$ формулы, описывающей событие \hbar_t^a :

$$\hbar_t^a = \begin{cases} \bigcup_{i \in Q} \left[\left(\bigcap_{n=0}^{N_i} \tau_{in}^t \right) \cap \left(\bigcap_{u=0}^{U_i} \gamma_{iu}^t \right) \right] / t = t^*, & \text{если } Q = \{i / m_i = 0\} \neq \emptyset; \\ \mathbf{N}, & \text{если } Q = \emptyset, \end{cases} \quad (11)$$

$$\neg\hbar_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i=1}^I \left[\left(\bigcup_{s=0}^{S_i} \varepsilon_{is}^t \right) \cap \left(\bigcup_{f=0}^{F_i} g_{if}^t \right) \right] / t = t^*, & \text{если } P = \{i / k_i = 0\} \neq \emptyset; \\ \mathbf{N}, & \text{если } P = \emptyset. \end{cases}$$

Как и для (7), (8), значения $\mathbf{I}\hbar_t^a$ и $\mathbf{I}\neg\hbar_t^a$ (11), (12) однозначно определяют факт наступления (прагматическую истинность) события \hbar_t^a .

Для последующего раскрытия неопределенности выделим внутри формулы, описывающей событие \hbar_t^a , $\mathbf{C}\hbar_t^a$, $\mathbf{C}\neg\hbar_t^a$ следующие области: область уверенной возможности $\mathbf{C}^I\hbar_t^a$, область неуверенной возможности $\mathbf{C}^C\hbar_t^a$, область уверенной невозможности $\mathbf{C}^I\neg\hbar_t^a$, область неуверенной невозможности $\mathbf{C}^C\neg\hbar_t^a$ события \hbar_t^a .

Определение 5. Под областью уверенной возможности $\mathbf{C}^I\hbar_t^a$ будем понимать такой набор значений признаков, в котором существенные утверждающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть ненаблюдаемы

$$\mathbf{C}^I\hbar_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i=1}^I \left(\bigcap_{n=0}^{N_i} \tau_{in}^t \right) / t = t^*, & \text{если } V = \{i / n_i = 0\} \neq \emptyset; \\ \mathbf{S}, & \text{если } V = \emptyset. \end{cases} \quad (13)$$

Истинность $C^I \hat{h}_t^a$ определяется только по группам утверждающих признаков. Область уверенной возможности при отсутствии опровергающих признаков совпадает с внутренностью формулы (10). Действительно, согласно определению

$$\forall_t \forall_i \forall_n [I_p(\tau_{in}^t) \equiv] \Rightarrow [I_p(\hat{h}_t^a) \equiv S] ,$$

т.е. $[C^I \hat{h}_t^a \equiv S / (\varepsilon_{is}^t \equiv \emptyset_{ih}^t, g_{if}^t \equiv v_{ig}^t)] \Rightarrow \hat{h}_t^a$.

Но из свойств внутренности следует $I\hat{h}_t^a \Rightarrow \hat{h}_t^a$, что и определяет значение истинности $C^I \hat{h}_t^a$.

При наличии наблюдаемых опровергающих признаков область $C^I \hat{h}_t^a$ выходит за пределы $I\hat{h}_t^a$, так как данные признаки снижают степень уверенности в наступлении события.

Определение 6. Под областью неуверенной возможности будем понимать такой набор значений признаков, в котором косвенные утверждающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть ненаблюдаемы:

$$C^C \hat{h}_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i=1}^I (\bigcap_{u=0}^{U_i} \gamma_{iu}^t) / t = t^* , & \text{если } P = \{i / u_i = 0\} \neq \emptyset; \\ S, & \text{если } P = \emptyset. \end{cases} \quad (14)$$

Область неуверенной возможности при отсутствии наблюдаемых опровергающих признаков совпадает с замыканием.

Определение 7. Под областью уверенной возможности $C^I \neg \hat{h}_t^a$ будем понимать такой набор значений признаков, в котором существенные опровергающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть ненаблюдаемы

$$C^I \neg \hat{h}_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i=1}^I (\bigcup_{h=0}^{H_i} \varepsilon_{ih}^t) / t = t^* , & \text{если } k = \{i / H_i = 0\} \neq \emptyset; \\ S, & \text{если } k = \emptyset. \end{cases} \quad (15)$$

Определение 8. Под областью неуверенной невозможности $C^C \neg \hat{h}_t^a$ будем понимать такой набор значений признаков, в котором косвенные опровергающие признаки всегда наблюдаемы, остальные признаки могут быть ненаблюдаемы:

$$C^C \neg \hat{h}_t^a = \begin{cases} \bigcap_{i \in k} (\bigcup_{u=0}^{G_i} g_{ig}^t) / t = t^*, & \text{если } k = \{i / G_i = 0\} \neq \emptyset; \\ S, & \text{если } k \neq \emptyset. \end{cases} \quad (16)$$

При наличии полярных признаков, для $C^I \hat{h}_t^a$, $C^C \hat{h}_t^a$, $C^I \neg \hat{h}_t^a$, $C^C \neg \hat{h}_t^a$ имеют место выражения:

$$C \hat{h}_t^a \equiv C^I \hat{h}_t^a \cup C^C \hat{h}_t^a; \quad C \neg \hat{h}_t^a \equiv C^I \neg \hat{h}_t^a \cup C^C \neg \hat{h}_t^a. \quad (17)$$

Введем в рассмотрение "вектор уверенности распознавания события" $\underline{v}_{\hat{h}}$ и проанализируем возможность раскрытия неопределенности ($I \hat{h}_t^a \equiv N$; $I \neg \hat{h}_t^a \equiv N$):

$$\overline{v}_{\hat{h}} = \langle C^I \hat{h}_t^a, C^C \hat{h}_t^a, C^I \neg \hat{h}_t^a, C^C \neg \hat{h}_t^a \rangle. \quad (18)$$

Вектор многозначной оценки (18) составлен исходя из рассуждений, положенных в основу построения выражения (9).

Рассмотрим таблицу истинности вектора $\underline{v}_{\hat{h}}$ при различных значениях присутствия его составляющих (см. табл. 1). Данная таблица составлена с учетом большей степени доверия существенным признакам относительно косвенных. Фактически таблица устанавливает отношение порядка между значениями существенных и косвенных признаков.

Приведенные соотношения полностью определяют восьмизначную шкалу оценок достоверности распознавания событий: "присутствует" (S), "существенно возможна" (СВ), "косвенно возможна" (КВ), "косвенно невозможна" (КН), "существенно невозможна" (СН), "отсутствует" (N), "не определено" (НП), "противоречиво" (ПР).

Используя рассуждения, аналогичные приведенным выше, можно составить выражения для распознавания заболеваний (классов заболеваний). Заменяя в выражениях (2) - (18) значения присутствия признаков на оценки присутствия событий, получим значения оценок присутствия заболевания (классов заболеваний).

Таблица 1 - Истинность вектора $\overline{\mathbf{v}}_{\hat{h}}$

№ n/n	$C^I \hat{h}_t^a$	$C^C \hat{h}_t^a$	$C^I \neg \hat{h}_t^a$	$C^C \neg \hat{h}_t^a$	Семантическая интерпретация $\overline{\mathbf{v}}_{\hat{h}}$	Обознач.
1	S	S	S	S	Противоречие	ПР
2	S	S	S	N	Косвенно возможно \hat{h}_t^a	КВ
3	S	S	N	S	Существенно возможно \hat{h}_t^a	СВ
4	S	N	S	S	Косвенно невозможно \hat{h}_t^a	КН
5	N	S	S	S	Существенно невозможно \hat{h}_t^a	СН
6	S	S	N	N	Присутствует \hat{h}_t^a	S
7	S	N	S	N	Неопределенность существенных признаков	НП
8	N	S	S	N	Существенно невозможно \hat{h}_t^a	СН
9	S	N	N	S	Существенно возможно \hat{h}_t^a	СВ
10	N	S	N	S	Неопределенность косвенных признаков	НП
11	N	N	S	S	Отсутствует \hat{h}_t^a	N
12	S	N	N	N	Существенно возможно \hat{h}_t^a	СВ
13	N	S	N	N	Косвенно возможно \hat{h}_t^a	КВ
14	N	N	S	N	Существенно невозможно \hat{h}_t^a	СН
15	N	N	N	S	Косвенно невозможно \hat{h}_t^a	КВ
16	N	N	N	N	Неопределенность полная (все признаки отсутствуют)	НП

Таким образом, методика формализации и оценки прагматической истинности описаний заболеваний в диагностической экспертной системе может быть сформулирована следующим образом.

1. Разделение и описание в процессе формализации знаний всех доступных признаков на прямые и косвенные утверждающие, прямые и косвенные опровергающие.

2. В процессе диагностирования при наличии информации о значениях признаков определение значений присутствия областей уверенной

возможности $C^I \bar{h}_t^a$, неуверенной возможности $C^C \bar{h}_t^a$, уверенной невозможности $C^I - \bar{h}_t^a$, неуверенной невозможности $C^C - \bar{h}_t^a$ событий \bar{h}_t^a .

3. Определение значения вектора $\bar{v}_{\bar{h}}$ в соответствии с табл.1.

4. На основании присутствия событий определение значения присутствия областей уверенной возможности, неуверенной возможности, уверенной невозможности, неуверенной невозможности заболевания согласно (13...16). При этом, вместо значений соответствующих признаков подставляются значения присутствия событий.

5. Определяется значение присутствия заболевания по таблице.

Приведенная методика позволяет избежать процедуры ранжирования признаков по степени доверия в соответствии с непрерывными метрическими шкалами, применяемыми в распознающих системах аналогичного класса. В условиях открытой экспертной системы такое ранжирование может оказаться не только затруднительным, а в ряде случаев и невозможным, вследствие необходимости значительных временных затрат на проведение соответствующих экспертных опросов. В конечном счете, в процессе принятия решения о распознавании события возникает необходимость установления пороговых значений меры доверия. Следовательно, введение непрерывных шкал для оценки меры доверия в задачах рассматриваемого класса вырождается в методику ее пороговой оценки, что, в итоге, приведет к результатам, получаемым посредством приведенной методики. Кроме того, ранжирование признаков является в значительной степени процедурой субъективной, сложной и неоднозначной. Существенное сужение шкалы ранжирования признаков (существенные, косвенные, утверждающие, опровергающие), отсутствие необходимости дополнительного ранжирования косвенных признаков, приводит к более однозначной оценке значимости признаков экспертами и, следовательно, является более приемлемым для использования в диагностической экспертной системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Радио и связь, 1990. - 153 с.

2. Ярушек В.Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления. - Харьков: ХВУ, 1993. - 120 с.