

УДК 004.82 (045)

А.І. ВАВІЛЕНКОВА

**ПОБУДОВА ЛОГІКО-ЛІНГВІСТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРТНОГО ОПИТУВАННЯ**

**Abstract:** It is found a number of tasks of complex objects controlling, that is not subject to formalization, of such complex objects, applied logico-linguistic model of controlling for definition methods of influence on the controlling object during arising concrete situation. It is offered a questionnaire as the method of expert questioning for getting information from experts about conditions of arising, methods of influence on controlling object and the results of influence.

**Key words:** object of management, formalisation, the management model, an expert interrogation, methods of expert interrogation, questioning, wrong situation.

**Анотація:** Виявлено ряд задач управління складними об'єктами, що не підлягають формалізації, проаналізовано структуру таких складних об'єктів, застосовано логіко-лінгвістичну модель управління для визначення способів впливу на об'єкт управління під час виникнення конкретної збійної ситуації. Запропоновано анкетування як метод експертного опитування для отримання інформації від експертів щодо умов виникнення, способів впливу на об'єкт управління та наслідків впливу.

**Ключові слова:** об'єкт управління, формалізація, модель управління, експертне опитування, методи експертного опитування, анкетування, збійна ситуація.

**Аннотация:** Обнаружен ряд задач управления сложными объектами, которые не подлежат формализации, проанализирована структура таких сложных объектов, применена логико-лингвистическая модель управления для определения способов влияния на объект управления во время возникновения конкретной сбойной ситуации. Предложено анкетирование как метод экспертного опроса для получения информации от экспертов относительно условий возникновения, способов воздействия на объект управления и последствий воздействия.

**Ключевые слова:** объект управления, формализация, модель управления, экспертный опрос, методы экспертного опроса, анкетирование, сбойная ситуация.

**1. Вступ**

У теорії управління існує ряд задач управління складними об'єктами, які неможливо формалізувати, адже:

- не всі цілі управління об'єктом можуть бути виражені у вигляді кількісних співвідношень;
- не можна встановити точні кількісні залежності між рядом параметрів, що впливають на процес управління;
- не можна завчасно однозначно визначити кожен крок процесу управління;
- способи опису об'єктів та процесів, що в них протікають, настільки громіздкі, що їх практичне використання неможливе.

Складний об'єкт представляє собою структуру, що складається із взаємопов'язаних між собою об'єктів більш низького рівня. Тобто зміни, що відбуваються в будь-якому об'єкті більш низького рівня, спричиняють зміни інших об'єктів. Розробка математичних моделей цих об'єктів представляє собою серйозну проблему у зв'язку з їх нестаціонарністю, нелінійністю та стохастичним характером [1]. Тому при моделюванні таких складних об'єктів використовують логіко-лінгвістичні моделі управління. Замість алгоритму, який на кожному кроці реалізації визначає конкретне однозначне рішення, використовується сукупність вказівок, представлених у вигляді

множин термінів природної мови, так як стан об'єкта характеризується великою кількістю параметрів і може залежати від великої кількості ситуацій.

Оскільки ситуація в системі управління визначається станом об'єкта управління (ОУ) і умовами застосування способів керуючого впливу, то модель управління, що задовольняла б поставленим до неї вимогам, повинна будуватися за схемою

$$\langle \text{ситуація} \rangle \ \& \ \langle \text{дія} \rangle \rightarrow (\text{результат}),$$

де  $\langle \text{дія} \rangle$  означає спосіб керуючого впливу;

$\langle \text{результат} \rangle$  – повний спектр наслідків його практичної реалізації.

## 2. Постановка задачі

Необхідність в оперативному управлінні виникає кожного разу, коли ОУ виходить за рамки свого нормального стану. Нормальним називається такий стан ОУ, при якому поточні значення всіх його характеристик одночасно належать заздалегідь установленим діапазнам.

Модель управління складним об'єктом у загальному випадку формується з логічних виразів, кожен з яких відповідає одному із можливих способів дії на ОУ [2]:

$$Y_r \rightarrow F_r, \quad (1)$$

$$r \in R_j(s_k), \quad j = \overline{1, m_k}, \quad k = \overline{1, n},$$

де  $Y_r$  – складова логічного висловлювання, що конкретизує  $r$ -й спосіб впливу на ОУ та умови його застосування;

$F_r$  – складне висловлювання, що описує можливі наслідки практичної реалізації  $r$ -го способу впливу на ОУ;

$R_j(s_k)$  – множина способів впливу на ОУ, що приводять до зміни її значення (визначається в результаті опитування експертів);

$m_k$  – кількість характеристик стану  $k$ -го елемента ОУ.

При цьому передбачається, що:

– кожен спосіб впливу на ОУ в загальному випадку може передбачати здійснення (одночасне, послідовне або паралельно-послідовне) деякого набору "елементарних" керуючих операцій, застосовуваних не тільки у відношенні розглянутого елемента  $s_k$ , але й у відношенні визначеної підмножини зв'язаних з  $s_k$  інших елементів об'єкта управління;

– реалізація будь-якого способу впливу на ОУ з метою зміни значення  $j$ -ої характеристики стану елемента  $s_k$  в загальному випадку може викликати побічну зміну значень інших характеристик стану даного елемента, а також характеристик стану інших елементів ОУ, що взаємодіють з розглянутим.

### 3. Побудова логіко-лінгвістичної моделі управління на основі результатів експертного опитування

Логіко-лінгвістична модель управління (1) в загальному випадку відображає спосіб впливу на об'єкт управління, що вийшов з нормального стану, та наслідки цього впливу. Так як об'єкт складний, то формалізувати способи впливу на нього та всі його елементи, а також передбачити всі наслідки впливу дуже важко. Логіко-лінгвістична модель управління здатна відобразити інформацію щодо умов виникнення, способів впливу на ОУ та наслідків впливу для кожної конкретної ситуації за допомогою логіки предикатів. Дані для побудови логіко-лінгвістичної моделі управління отримують у результаті опитування експертів [3].

Нехай експертне опитування відбувається у вигляді анкетування: запитання анкети прями та відкриті, направлені на збір інформації про сутність ситуації, що досліджується, та виявлення знань експертів. З отриманих відповідей на кожне запитання формується множина значень у вигляді термінів природної мови.

Алгоритм побудови логіко-лінгвістичної моделі управління на основі результатів експертного опитування має такий вигляд:

1. Зі скількох елементів складається об'єкт управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $n$ .

2. З яких елементів складається об'єкт управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $S_1, \dots, S_k, \dots, S_n$ , де  $k = \overline{1, n}$ .

3. Якою кількістю характеристик володіє кожен елемент об'єкта управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $m_1, \dots, m_k, \dots, m_n$ , де  $k = \overline{1, n}$ .

4. Які характеристики стану кожного елемента в будь-який момент часу при нормальному функціонуванні об'єкта управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $z_1, \dots, z_k, \dots, z_n$ , де  $k = \overline{1, n}$ ,  
 $z_k = (z_j(s_k); j = \overline{1, m_k})$ .

5. Які допустимі значення кожної характеристики елемента при нормальному функціонуванні об'єкта управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $Z_1(S_k), \dots, Z_j(S_k), \dots, Z_{m_k}(S_k)$ , де  $z_j(s_k) \in Z_j(s_k)$ ,  $k = \overline{1, n}$ .

6. В чому полягають основні функції об'єкта управління?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $f_1, \dots, f_q, \dots, f_N$ , де  $q = \overline{1, N}$ .

7. Які причини викликають вихід об'єкта управління з нормального стану?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $P_1, \dots, P_\delta, \dots, P_\sigma$ , де  $\delta = \overline{1, \sigma}$ .

8. Які існують збійні ситуації у функціонуванні ОУ?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $M_1, \dots, M_\delta, \dots, M_\sigma$ , де  $\delta = \overline{1, \sigma}$ .

9. Яким чином проявляються збійні ситуації?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $Q_1(S_k), \dots, Q_\delta(S_k), \dots, Q_\sigma(S_k)$ , де  $\delta = \overline{1, \sigma}$ .

10. Які функціональні зв'язки між елементами ОУ, тобто які елементи взаємозв'язані?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $K_r^1$ , де  $r \in R_j(S_k)$ .

11. Як зміни однієї характеристики стану кожного окремого елемента впливають на значення інших характеристик стану даного елемента?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $V_r(S_{k_1})$ , де  $1 \leq k_1 \leq n$ ;  $k_1 \neq k$ ,

$$V_1(S_{k_1}), \dots, V_r(S_{k_1}), \dots, V_l(S_{k_1}), \text{ де } r = \overline{1, l}.$$

12. Які існують способи впливу на ОУ для повернення його до нормального стану?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $R_1(S_k), \dots, R_j(S_k), \dots, R_{m_k}(S_k)$ , де  $j = \overline{1, m_k}$ .

13. Які номери керуючих операцій реалізуються по відношенню до конкретного елемента згідно з  $r$ -ним способом?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $I_1(S_k), \dots, I_r(S_k), \dots, I_l(S_k)$ , де  $r = \overline{1, l}$ .

14. Які операції необхідно реалізувати по відношенню до конкретного елемента?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $X_1(S_k), \dots, X_i(S_k), \dots, X_{I_r(S_k)}(S_k)$ , де  $i = \overline{1, I_r(S_k)}$ .

15. За яких умов здійснюється конкретна операція по відношенню до конкретного елемента ОУ?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $U_1(S_k), \dots, U_i(S_k), \dots, U_{I_r(S_k)}(S_k)$ , де  $i = \overline{1, I_r(S_k)}$ .

16. Як зміниться значення конкретної характеристики в результаті дії деякого способу впливу на об'єкт?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $D(a_{rjk}), \dots, D(a_{rj1}), \dots, D(a_{rjn})$ .

17. Які номери характеристик можуть змінитися в результаті дії деякого способу?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $J_1(S_k), \dots, J_r(S_k), \dots, J_l(S_k)$ , де  $r = \overline{1, l}$ .

18. За яких умов взаємодії характеристик конкретного елемента ОУ виникають побічні зміни елемента?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $P_{rj_k}$ , де  $k = \overline{1, n}$ .

19. Які номери елементів, пов'язані з конкретним номером, можуть змінити свої значення?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $K_r^2$ , де  $r \in R_j(s_k)$ .

20. За яких умов можлива побічна дія на характеристику елемента ОУ, яка взаємодіє з конкретною характеристикою?

Обґрунтована відповідь експерта, представлена у вигляді виразу  $Q_{rj_2}(s_{k_2})$ .

Враховуючи всі функціональні зв'язки між елементами ОУ та їх характеристиками, формула (1) набуває вигляду [2]

$$\begin{aligned} Y_r &\rightarrow F_r, \\ Y_r &= M_\delta \& Y_r^0 \& Y_r^1, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $M_\delta$  – збійна ситуація, що виникла в функціонуванні об'єкта управління;

$Y_r^0$  – керуючі операції, які виконуються згідно з  $r$ -ним способом впливу на ОУ у відношенні елемента  $s_k$  разом з умовами їхньої практичної реалізації;

$Y_r^1$  – керуючі операції, що відповідно до даного способу впливу на ОУ повинні бути виконані у відношенні інших (зв'язаних з  $s_k$ ) елементів об'єкта управління в сукупності з умовами застосовності цих операцій.

Висловлення  $Y_r^0$  і  $Y_r^1$  виражаються такими формулами:

$$Y_r^0 = \bigwedge_{i \in I_r(s_k)} [U_i(s_k) \& X_i(s_k)], \quad (3)$$

$$Y_r^1 = \bigwedge_{k_1 \in K_r^1} V_r(s_{k_1}) \bigwedge_{i \in I_r(s_{k_1})} [U_i(s_{k_1}) \& X_i(s_{k_1})], \quad (4)$$

$$r \in R_j(s_k), \quad j = \overline{1, m_k}, \quad k = \overline{1, n},$$

де  $k_1$  – номер елемента ОУ, зв'язаного з елементом  $s_k$ , О;

$X_i(s_k)$  – висловлення, що конкретизує  $i$ -у керуючу операцію, яка застосовується у відношенні елемента  $s_k$ ;

$U_i(s_k)$  – висловлення, що відбиває умови застосовності  $i$ -ої керуючої операції у відношенні елемента  $s_k$ ;

$I_r(s_k)$  – множина номерів керуючих операцій, які реалізуються у відношенні елемента  $s_k$  згідно з  $r$ -им способом впливу на ОУ;

$K_r^1$  – множина номерів взаємозалежних з  $s_k$  елементів ОУ, у відношенні яких  $r$ -й спосіб впливу на об'єкт управління передбачає застосування керуючих операцій;

$V_r(s_{k_1})$  – висловлення, що описує характер і параметри зв'язку між елементами  $s_{k_1}$  і  $s_k$ , необхідні для реалізації  $r$ -го способу впливу на ОУ.

Підставивши висловлювання (3) і (4), отримуємо формулу (5)

$$Y_r = M_\delta \& \left( \bigwedge_{i \in I_r(s_k)} [U_i(s_k) \& X_i(s_k)] \right) \& \left( \bigwedge_{k_1 \in K_r^1} V_r(s_{k_1}) \bigwedge_{i \in I_r(s_{k_1})} [U_i(s_{k_1}) \& X_i(s_{k_1})] \right). \quad (5)$$

Складне висловлювання  $F_r$  в (1) виражається як кон'юнкція можливих наслідків практичної реалізації  $r$ -го способу впливу на ОУ [2]:

$$F_r = F_r^0 \& F_r^1 \& F_r^2 \& ]Q\sigma, \quad (6)$$

де  $F_r^0$  – висловлення, що позначає зміну значення характеристики  $z_j(s_k)$  в результаті реалізації  $r$ -го способу впливу на ОУ;

$F_r^1$  – складне висловлення, що описує побічні зміни значень інших характеристик стану  $k$ -го елемента ОУ, викликані застосуванням  $r$ -го способу впливу на об'єкт керування;

$F_r^2$  – складне висловлення, що відбиває побічні зміни значень характеристик стану інших елементів ОУ, зв'язаних з  $s_k$ , внаслідок реалізації  $r$ -го способу впливу на об'єкт керування;

$Q\sigma$  – висловлення, що відображає те, як проявляється збійна ситуація.

Висловлення  $F_r^0$ ,  $F_r^1$  і  $F_r^2$  виражаються такими формулами:

$$F_r^0 = D(a_{rjk}), \quad (7)$$

$$F_r^1 = \bigwedge_{j_1 \in J_r(s_k)} [P_{rj_1} \rightarrow D(a_{rj_1k})], \quad (8)$$

$$F_r^2 = \bigwedge_{k_2 \in K_r^2} \bigwedge_{j_2 \in J_r(s_{k_2})} [Q_{rj_2}(s_{k_2}) \rightarrow D(a_{rj_2k_2})]. \quad (9)$$

Підставивши висловлювання (7), (8) і (9), отримуємо формулу (10)

$$F_r = D(a_{rjk}) \& \left( \bigwedge_{j_1 \in J_r(s_k)} [P_{rj_1} \rightarrow D(a_{rj_1k})] \right) \& \left( \bigwedge_{k_2 \in K_r^2} \bigwedge_{j_2 \in J_r(s_{k_2})} [Q_{rj_2}(s_{k_2}) \rightarrow D(a_{rj_2k_2})] \right) \& ]Q\sigma. \quad (10)$$

Після здійснення підстановки (5) і (10) в формулу (1) отримуємо логіко-лінгвістичну модель управління, в яку безпосередньо підставляються результати експертного опитування:

$$M_\delta \& \left( \bigwedge_{i \in I_r(s_k)} [U_i(s_k) \& X_i(s_k)] \right) \& \left( \bigwedge_{k_1 \in K_r^1} V_r(s_{k_1}) \bigwedge_{i \in I_r(s_{k_1})} [U_i(s_{k_1}) \& X_i(s_{k_1})] \right) \rightarrow D(a_{rjk}) \& \left( \bigwedge_{j_1 \in J_r(s_k)} [P_{rj_1} \rightarrow D(a_{rj_1k})] \right) \& \left( \bigwedge_{k_2 \in K_r^2} \bigwedge_{j_2 \in J_r(s_{k_2})} [Q_{rj_2}(s_{k_2}) \rightarrow D(a_{rj_2k_2})] \right) \& ]Q\sigma. \quad (11)$$

#### 4. Висновки

Внаслідок аналізу структури складного об'єкта управління, виявлення закономірностей впливу елементів ОУ та їх характеристик одне на одне побудовано логіко-лінгвістичну модель управління

складним об'єктом на основі результатів експертного опитування. Відповіді на запитання анкети дають змогу сформуванню чіткої картини щодо умов виникнення, способів впливу на ОУ та наслідків впливу для кожної конкретної ситуації [4].

Побудова логіко-лінгвістичної моделі управління дає змогу формалізувати процес повернення складного об'єкта управління до нормального стану. Це дуже важливо для забезпечення безперервного функціонування складних об'єктів у виробництві та запобігання виникненню збійних ситуацій.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Захаров В.Н., Поспелов Д.А., Хазацкий В.Е. Системы управления. Задание. Проектирование. Реализация. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 424 с.
2. Литвиненко А.Е. Метод направленного перебора в системах управления и диагностирования. – К.: Национальная библиотека Украины имени В.И. Вернадского, 2007. – 328 с.
3. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 288 с.
4. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Пер. с англ. – 4-е изд. – М.: ООО «Вильямс», 2007. – 1152 с.

*Стаття надійшла до редакції 05.11.2008*