**А.І. Бобунов, П.Ю. Керницький**

## ПИТАННЯ ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ ТРЕНАЖНО-ІМІТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Розглянуто методичний підхід до побудови багаторівневої тренажно-імітаційної системи, в якій адаптивне управління процесом тренажу здійснюється за рахунок аналізу процесу збору інформації від обслуговуючого персоналу.*

Створення та розробка автоматизованих систем управління складними інформаційними системами нового покоління вимагає формування підходів до побудови тренажно-імітаційних систем (ТІС), які забезпечують адаптивне навчання та тренування операторів на всіх рівнях АСУ.

В роботах [1,2] був запропонований підхід до побудови багаторівневої ТІС, оптимальної за управлінням. У даній роботі пропонується розглянути можливий підхід до побудови ТІС, яка забезпечує адаптивне управління процесом тренажу за рахунок аналізу процесу збору інформації для прийняття рішення.

З [3] маємо множину обстановок $\{1,\dots,\psi\}$, в яких може функціонувати розглядувана ТІС. Ймовірність настання кожної $r$-ї обстановки дорівнює $H_r$. Введемо також параметр "вага" обстановки $B_r$, який характеризує ступінь важливості досягнення мети в $r$-й обстановці. Органи, що приймають рішення, вважаємо компетентними, тобто при повній інформації про будь-яке явище приймається правильне рішення. Прийняття рішення можна інтерпретувати як вибір стратегії дій. В умовах функціонування складних систем множина можливих стратегій може бути визначена апріорно. Вважаємо, що в $r$-й обстановці існує $t_r$ можливих стратегій, кожна з яких ($N_{sr}$) в $r$-й обстановці дозволяє досягнути мети системи з ймовірністю $R^r_s$. Тоді правильним рішенням буде вибір такого варіанта дій $N_{1r}$, який призводить до мети з найбільшою ймовірністю $R^r_1$. Враховуючи викладене, ефективність ТІС за прийняттям рішення можна описати виразом:

$$E = \sum_{r=1}^{\psi} H_r B_r \left( P_1 R_1^r + \sum_{S=2}^{t_r} F_S(Q_1) R_S^r \right), \tag{1}$$

де $P_1$ – ймовірність прийняття правильного рішення;

$F_S(Q_1)$ – закон розподілу ймовірності вибору рішень, відмінних від правильного;

$Q_1$ – обсяг інформації, що обробляється на верхньому структурному рівні.

Ймовірність прийняття правильного рішення визначається обсягом інформації, що надійшла, і часом її збору (старінням) $\tau$. В свою чергу, $Q_1$ і $\tau$ є функціоналами від обсягу інформації, що надійшла на нижчий рівень, та структурних характеристик ТІС.

Розглянемо процес проходження інформації від нижчого рівня до вищого (довідкова інформація). Вважаємо, що на вищому рівні ієрархії знаходиться один елемент. На цьому рівні обсяг інформації дорівнює

$$_1 = \sum_{i=1}^{I_A} Q_{i2} \beta_{i2},$$

де $Q_{i2}$ – обсяг інформації, що надійшла на $i$-й елемент 2 рівня;

$\beta_{i2}$ – коефіцієнт передачі інформації з нижнього рівня на верхній;

$$\begin{aligned}
_{i2} &= \sum_{X_{i3} \subset X_{i2}} Q_{i3} \beta_{i3} \quad ; \\
_{i3} &= \sum_{X_{i4} \subset X_{i3}} Q_{i4} \beta_{i4} \quad ; \\
_{im-1} &= \sum_{X_{im} \subset X_{im-1}} Q_{im} \beta_{im} \quad ; \\
_1 &= \sum_{i=1}^{I_A} \left( \sum_{X_{i3} \subset X_{i2}} \left( \sum_{X_{i4} \subset X_{i3}} \left( \cdots \left( \sum_{X_{im} \subset X_{im-1}} Q_{im} \beta_{im} \right) \cdots \right) \beta_{i4} \right) \beta_{i3} \right) \beta_{i2} \quad .
\end{aligned} \tag{2}$$

де $X_{ij}$ – позначимо $i$-й елемент $j$-го рівня.

Запис $\sum_{X_{ij} \subset X_{ij-1}}$ означає, що додавання відбувається для кожного $i$-го елемента $j$-го рівня за підлеглими йому $i$-ми елементами $j$-го рівня. Оскільки рішення про передачу інформації приймаються на кожному рівні, то до формули (2) слід ввести множники, відповідні ймовірності прийняття правильного рішення $i$-м елементом $k$-го рівня $P_{ik}$.

Отримаємо вираз для обсягу достовірної інформації, що надійшла на вищий рівень без урахування її старіння:

$$_1 = \sum_{i=1}^{I_A} \left( \sum_{X_{i3} \subset X_{i2}} \left( \sum_{X_{i4} \subset X_{i3}} \left( \cdots \left( \sum_{X_{im} \subset X_{im-1}} Q_{im} \beta_{im} p_{im} \right) \cdots \right) \beta_{i4} p_{i4} \right) \beta_{i3} p_{i3} \right) \beta_{i2} p_{i2}. \tag{3}$$

Можна прийняти, що зменшення достовірності інформації внаслідок старіння описується експоненційною залежністю

$$_{1g} = Q_1 exp\{-a_r \tau_g\} ,$$

де $a_r$ – коефіцієнт, що характеризує швидкість зменшення достовірності інформації в r-й обстановці;

$\tau_r$ – час, який пройшов з моменту надходження інформації на вищий рівень до моменту прийняття рішення. Цей час визначається обсягом інформації, що обробляється кожним елементом ТІС та числом рівнів у ній. В першому наближенні залежність часу обробки інформації на $k$-му рівні ієрархії ТІС від її обсягу на цьому рівні може виражатися лінійною залежністю

$$\tau_{gk} = c_{0k} + c_{1k}\frac{Q_k}{I_k} .$$

Тоді загальний час старіння дорівнює

$$\tau_g = \sum_{k=1}^{m}\left(c_{0k} + c_{1k}\frac{Q_k}{I_k}\right) .$$

Приймемо також, що вимір ймовірності правильного рішення від обсягу достовірної інформації відбувається експоненційно:

$$P_1 = 1 - exp\{-b_r Q_{1g}\} .$$

Для конкретизації цільової функції (1) необхідно задатися законом розподілу ймовірностей вибору рішень, відмінних від правильного. Вважаючи закон розподілу рівномірним

$$P_S = \frac{1 - P_1}{t_r - 1} ,$$

отримаємо цільову функцію у вигляді:

$$E = \sum_{r=1}^{w} H_r B_r\left(P_1 R_1^r + \frac{1 - P_1}{t_r - 1}\sum_{S=2}^{t_r} R_S^r\right) ; \quad (4)$$

$$P_1 = 1 - exp\left\{-b_r Q_1 exp\left\{-a_r \sum_{k=1}^{m}\left(c_{0k} + c_{1k}\frac{Q_k}{I_k}\right)\right\}\right\} ; \quad (5)$$

$$_1 = \sum_{i=1}^{I_k}\left(\sum_{X_{i1}\subset X_{i2}}\left(\sum_{X_{i4}\subset X_{i3}}\left(\cdots\left(\sum_{X_{im}\subset X_{m-1}} Q_{im}\beta_{im}P_{im}\right)\cdots\right)\beta_{i4}P_{i4}\right)\beta_{i3}P_{i3}\right)\beta_{i2}P_{i2} . \quad (6)$$

Оптимальною за прийняттям рішення буде ТІС, яка має такі параметри: число рівнів ієрархії, число елементів на кожному рівні та число елементів рівня, підпорядкованих кожному елементу більш високого рівня, при підстановці яких у вирази (4), (5), (6) показник ефективності досягає максимуму.

Запропонований метод дозволяє вирішити задачу синтезу оптимальних ієрархічних структур ТІС, які забезпечують проведення тренажу в перспективних АСУ управління інформаційними системами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Бобунов А.І., Фриз С.П.* Підхід до розробки імітаційно-моделюючого комплексу космічних апаратів // Вісник ЖІТІ, 1996. – № 3. – С. 51–55.
2. *Бобунов А.І., Фриз С.П.* Питання квантифікації інформації у багаторівневій тренажній системі // Вісник ЖІТІ, 1997. – № 6. – С. 116–118.
3. Звіт по НДР "Обрій". – Житомир: ЖВІРЕ, 1998.

БОБУНОВ Андрій Іванович – старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:
- розробка інтелектуальних тренажно-імітаційних систем;
- математичне моделювання складних технічних систем у реальному масштабі часу.

КЕРНИЦЬКИЙ Павло Юрійович – ад'юнкт Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:
- моделювання складних інформаційних систем з елементами штучного інтелекту.