

УДК 621.325

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНАЖА ОПЕРАТОРОВ ПО МОДЕЛЯМ ОБУЧЕНИЯ

Чабаненко П.П., Халаев Ю.Н.

*Предложена основа методики оценки и прогноза эффективности
тренажерной подготовки операторов. Дана новая модель обучения
операторов умению и навыкам действовать безошибочно и своевременно.*

Конечная цель тренажа операторов – подготовка к выполнению ими функций в реальной системе с высокой эффективностью. Эффективность – способность системы достигать стоящую перед ней цель. Показатель эффективности – количественная мера, характеризующая это свойство системы.

Если цели системы можно поставить в соответствии с некоторым событием A , при появлении которого цель достигается, то вероятность $P(A)$ появления этого события – объективный показатель эффективности системы. Для широкого класса систем в качестве такого события обоснованно можно принять безошибочное и своевременное решение поставленной задачи. Тогда в качестве показателя эффективности системы выступает вероятность P_{BC} безошибочного и своевременного решения задачи

$$P(A) = P_{BC} = P_B \cdot P_{C/B}, \quad (1)$$

где P_B – вероятность безошибочного решения задачи; $P_{C/B}$ – условная вероятность своевременного ее решения при условии безошибочного исхода

Для различной операторской деятельности можно, как правило, выделить типовые ситуации и разработать для них типовые алгоритмы деятельности (АД), формализовав их подходящим образом. При безошибочном и своевременном выполнении АД успешно решается задача, стоящая перед системой «человек-машина». Типовые АД целесообразно расчленить на блоки операций (БО) меньшей размерности и сложности. В итоге получим N типовых БО, безошибочному и своевременному выполнению которых надлежит обучить оператора (группу операторов, экипаж корабля и т.п.) на тренажере.

Процесс тренажерной подготовки будет характеризоваться функцией $P_{BC}(t)$ от времени t обучения. При разработке тренажера

возможны, в частности, варианты постановки задачи его оптимизации

1. Максимизация P_{BC} при ограничении на время t подготовки

$$\max(P_{BC}) \text{ при } t \leq t_{\text{доп}}.$$

2. Минимизация времени t подготовки при ограничении на ее эффективность

$$\min t \text{ при } P_{BC} \geq (P_{BC})_{\text{доп}}.$$

В обоих случаях нужно располагать инструментом прогноза динамики формирования у обучаемых знаний, умений и навыков действовать без ошибок и быстро. Такой инструмент предлагается в форме математической модели обучения операторов безошибочности и быстройдействию

$$\begin{aligned} P_B(n) &= P_O + (P_1 - P_O) \cdot \bar{v}_1(n) / N_O, \\ m(n) &= m_O - (m_O - m_1) \cdot \bar{v}_2(n) / N_O, \\ D(n) &= D_O + m_O^2 - (D_O - D_1 + m_O^2 - m_1^2) \cdot \bar{v}_2(n) / N_O, \end{aligned} \quad (2)$$

где n – число шагов (тренировок, учений и т.п.) обучения; N_O – число БО, отрабатываемых на тренажере; P_O, m_O, D_O – вероятность, математическое ожидание и дисперсия времени правильного выполнения неосвоенного БО; $P_1(m_1, D_1)$ – эти же характеристики для освоенного БО; $\bar{v}_1(n)$ и $\bar{v}_2(n)$ – средние числа освоенных на шаге n обучаемым БО по безошибочности (v_1) и времени (v_2) их выполнения. При этом справедливы зависимости

$$\bar{v}_1(n) = B_1(1 - A_1^{n-1}) / (1 - A_1),$$

$$\bar{v}_2(n) = \frac{B_1 C_2}{1 - A_1} \sum_{i=1}^{n-2} (a_1 + a_2 A_1^{i-1}) \sum_{L=0}^{L_i(n)} C_{n-2-i-L}^L a_3^{n-2-i-2L} a_4^L,$$

где

$$a_1 = 1 - A_3 - C_3, \quad a_2 = A_3 + C_3 - A_1, \quad a_3 = A_2 + A_3, \quad a_4 = -A_2 \cdot A_3 - C_2 \cdot C_4;$$

$$B_1 = Q_0 \cdot K^{00} \cdot p_1 + P_0 \cdot (K^{10} \cdot q_1 + K^{11});$$

$$A_1 = 1 - \frac{[B_1 + Q_1 \cdot (K^{01} \cdot p_1 + K^{00} \cdot q_1) + P_1 \cdot K^{10} \cdot p_1]}{N_0},$$

$$B_2 = p_2 \cdot (Q_0 \cdot K^{01} - P_0 \cdot K^{11}), \quad A_2 = 1 - \frac{B_2}{N_0};$$

$$C_2 = \frac{p_2 \cdot (P_1 - P_0) \cdot (K^{11} - K^{01})}{N_0};$$

$$A_3 = 1 - \frac{[Q_1(K^{01}p_1 + K^{00}q_1) + P_1K^{01}p_1 + Q_0K^{00}p_1 - P_0(K^{11}q_2 - K^{10}q_1)] + \frac{P_1K^{11}p_2 + Q_1K^{01}q_1p_2}{N_0}}{N_0};$$

$$B_3 = P_0 \cdot K^{11} \cdot p_2, \quad C_3 = \frac{p_2 \cdot [Q_1K^{01}q_1 + (P_1 - P_0)K^{11}]}{N_0};$$

$$C_4 = \frac{[Q_0 \cdot K^{00} \cdot p_1 + P_0 \cdot (K^{10} \cdot q_1 + K^{11} \cdot q_2)]}{N_0};$$

а также

$$L_i(n) = \begin{cases} (n-i-2)/2 & \text{для четных} & n-i-2, \\ (n-i-3)/2 & \text{для нечетных} & n-i-2. \end{cases}$$

Параметры модели обучения включают:

K^{ij} – условные вероятности принятия решения j о правильности действий обучаемого (при контроле его действий) при условии, что он выполнил их с результатом i ($j = 0, 1$, $i = 0, 1$; 1 – правильно, 0 – неправильно);

p_1 – одношаговую вероятность перестройки оператора на безошибочные действия по результатам его оценки и указания ошибок, $q_1 = 1 - p_1$;

p_2 – аналогичную характеристику перестройки обучаемого по времени, $q_2 = 1 - p_2$;

$$Q_0 = 1 - P_0, \quad Q_1 = 1 - P_1.$$

В [1] опубликована модель обучения оператора безошибочным действиям в виде

$$P_B(n) = P_0 + \frac{(P_1 - P_0) \cdot B \cdot (1 - A^{n-1})}{N_0 \cdot (1 - A)}, \quad (4)$$

где

$$B = Q_0 \cdot K^{00} \cdot p + P_0 \cdot (K^{10} \cdot q + K^{11});$$

$$A = 1 - \frac{[B + Q_1 \cdot (K^{01} \cdot p + K^{00} \cdot q) + P_1 \cdot K^{10} \cdot p]}{N_0}.$$

Модель (2) с параметрами (3) – обобщение модели (4), в чем нетрудно убедиться. Она разработана при совместном учете формирования у обучаемого как безошибочности, так и быстродействия. Заметим, что переход от переменной n ко времени t обучения прост, т.е. $t = n\tau$, где τ – среднее время одного шага обучения.

В математических моделях обучения (2) и (4) учитываются основные составляющие учебно-тренировочного процесса через их характеристики: обучаемые, обучающая сторона с системой контроля и оценки действий операторов, осваиваемый АД. Поэтому они позволяют не только прогнозировать эффективность тренажа, но и оценить вклад в повышение эффективности за счет профотбора операторов, совершенствования системы контроля и оценки их действий на тренажере, методики подготовки обучаемых.

В результате тренажерной подготовки достигаются некоторые значения показателей безошибочности P_B и характеристик времени выполнения (m, D), отработанных на тренажере БО. Они пересчитываются в показатели безошибочности и времени выполнения соответствующих АД с последующей оценкой эффективности системы по формуле

$$P_{BC} = P^{N' - N'_0} \cdot (P_B P_{C/B})^{N'_0},$$

где P – вероятность безошибочного выполнения тех БО, которые на тренажере не отработывались; N_t – общее число БО в данном АД; N'_0 – число отработанных на тренажере БО, входящих в данный АД;

$$P_{C/B} = \int_0^{T_d} w(m_A, D_A; t) dt,$$

где T_d – допустимое время функционирования системы при решении соответствующей задачи, $w(*)$ – плотность вероятности этого времени;

$$m_A \approx N'_0 m_1 + (N' - N'_0) m; \quad D_A \approx N'_0 D_1 + (N' - N'_0) D,$$

где m, D – моментные характеристики времени выполнения тех БО, которые на тренажере не отработывались.

Таким образом, предложена методика прогноза эффективности тренажа операторов на основе единой согласованной системы показателей и математических моделей обучения.

Библиографический список

1. Чабаненко П.П. Эргономические приемы выявления резервов эффективности судовых систем / П.П. Чабаненко, Ю.Н. Халаев. — Севастополь: Изд-во ВСНТО, Крым. обл. совет НТО, 1988. — 54 с.

Поступила в редакцию 15.05.2001 г.