

УДК 621.325

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ ОПЕРАТОРОВ КОРАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЛОКАЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Приступа С.В.

Предлагается алгоритм обработки данных по безошибочности и временным характеристикам действий операторов для определения параметров по моделям обучения.

Разработанное программное обеспечение обрабатывалось на

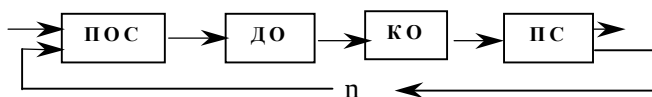


Рисунок 1 – Представление процесса тренировки оператора

простой задаче: обучение своду знаков (сигналов) Международных
правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72).

Обучение автоматизировано в виде циклического представления учебного материала в соответствии с рисунком 1, где указаны этапы: постановка обрабатываемой ситуации (ПОС), действия оператора (ДО) в этой ситуации, контроль и оценка его действий (КО), перестройка связей (ПС) в концептуальной модели оператора по результатам его оценки. Весь свод сигналов МППСС-72 разбит на N блоков, каждый из которых включает 9 знаков.

Задача обучаемого на каждом шаге обучения заключалась в выборочном ответе на каждый знак предъявленного блока знаков. Время экспозиции блока на экране монитора не задавалось. Фиксировались результаты ответов обучаемого: правильные и ошибочные исходы, а также время ответа на весь блок. В качестве безошибочного исхода принималось безошибочное опознавание всех 9 знаков. Если хотя бы один знак указывался неправильно, исход регистрировался как ошибочный. Время ответа измерялось от момента предъявления блока до ответа на последний 9 знак. Ответы обучаемого сравнивались с требуемыми, опознанные правильно знаки снабжались соответствующими им названиями, а неопознанные зачеркивались. Результаты оценки ответов обучаемого в этом виде выводились на экране монитора после каждого шага обучения.

Очередной блок знаков предъявлялся обучаемому из N блоков равновероятно (осуществлялся выбор с возвращением). В файле сохранялись: порядковый номер блока знаков, время затраченное на его отработку, количество допущенных ошибок, доля правильных ответов на блок для каждого обучаемого. Схема эксперимента строго соответствовала условиям, для которых была разработана комплексная функциональная структурная модель обучения, объединяющая модель обучения по безошибочности действий [1]

$$B_n = B(n) = B_1 + (B - B_1) \cdot B \cdot (1 - A)^{-1} (1 - A^{n-1}), \quad (n = 1, \infty), \quad (1)$$

где $A = 1 - N^{-1} [B_1(\Phi^{11} + q\Phi^{10}) + \bar{B}_1\Phi^{00}p + \bar{B}(p\Phi^{01} + q\Phi^{00}) + pB\Phi^{10}]$;

$$B = N^{-1} \cdot [B_1(\Phi^{11} + q\Phi^{10}) + B_1\Phi^{00}p];$$

$$\bar{B}_1 = 1 - B_1, \quad \bar{B} = 1 - B, \quad q = 1 - p, \quad \Phi^{11} + \Phi^{10} = 1, \quad \Phi^{00} + \Phi^{01} = 1;$$

n - количество тренировочных опытов; N - общее число блоков операций в алгоритме деятельности; Φ^{ij} - условные вероятности принятия правильных и ошибочных решений при контроле и оценки действий обучаемого $i = 0, 1$; $j = 0, 1$; при $j = i$ - правильные решения; B - вероятность безошибочного выполнения освоенного блока операций; B_1 - вероятность безошибочного выполнения неосвоенного блока операций (начальный уровень подготовленности); p - вероятность перестройки связей в концептуальной модели обучаемого по результатам его оценки.

Модель обучения по быстрдействию выполнения рабочих операций имеет вид

$$\left. \begin{aligned} M(n) &= m_0 + (m_1 - m_0) \frac{B}{1 - A} (1 - A^{n-1}) \\ D(n) &= \mu_0 + (\mu_1 - \mu_0) \frac{D}{1 - A} (1 - A^{n-1}) - M^2(n) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где $M(n)$, $D(n)$ – математическое ожидание и дисперсия времени действий обучаемого на шаге n его обучения;

$$m_0 = B_1 \cdot m_{01} + (1 - B_1) \cdot m_{00}; \quad m_1 = B \cdot m_1 + (1 - B) \cdot m_{10};$$

$$\mu_0 = B_1 \cdot (D_{01} + m_{01}^2) + (1 - B_1) \cdot (D_{00} + m_{00}^2);$$

$$\mu_1 = B \cdot (D_{11} + m_{11}^2) + (1 - B) \cdot (D_{10} + m_{10}^2),$$

A , B – параметры, определенные в модели обучения безошибочности (1) через характеристики B_1 , B , Φ^{ij} , p , N , имеющие тот же самый физический смысл.

Эти модели были применены для выявления динамики формирования безошибочности опознавания знаков МППСС-72 обучаемыми и изменения среднего времени ответов на один блок знаков. При этом определялись оптимальные параметры этих моделей, для которых достигалось

наилучшее сглаживание экспериментальных данных в смысле критерия наименьших квадратов.

В качестве целевой функции для модели безошибочности использовалась сумма

$$S = \sum_{i=1}^{n_T} [B_i(B, B_1, p) - \xi_i]^2 \rightarrow \min ,$$

где $B_i(B, B_1, p)$ – модель обучения (1) при $\Phi^{11} = \Phi^{00} = 1$ (так как оценка ответов обучаемого осуществлялась безошибочно) для i -го шага обучения ξ_i – фактический результат обучаемого на шаге i , причем

$$\xi_i = \begin{cases} 1, & \text{если } k_i = \frac{k_{np,i}}{9} = 1, \\ 0, & \text{если } k_i < 1, \end{cases}$$

$k_{np,i}$ – число правильно опознанных знаков в i -том испытании из 9 знаков блока; n_T – число шагов обучения

Аналогично для модели быстрогодействия в качестве целевой функции применялась

$$S = \sum_{i=1}^{n_T} [M_i(m_1, m_0, p, \Phi^{ij}) - t_i]^2 \rightarrow \min ,$$

где $M_i(m_1, m_0, p, \Phi^{ij})$ модель обучения (2) в части динамики среднего времени ответа обучаемого для шага i ; t_i – фактическое время ответа обучаемого на шаге i .

Аналогичным образом производится поиск значений параметров модели обучения по быстроддействию.

К эксперименту было привлечено 4 обучаемых. Результаты обработки экспериментальных данных сведены в таблицу 1 и иллюстрируются на рисунках 2-5 по каждому обучаемому.

В первой строке таблицы 1 указано количество шагов обучения, по которым производилась обработка данных. Затем указаны найденные оценки параметров моделей обучения безошибочности и быстрогодействия в обозначениях, использованных в этих моделях в предыдущих параграфах. Приведены также предельно достижимый уровень безошибочности $B_{пред}$, прогнозируемый на модели, максимальное время ответа T_{max} и ошибки сглаживания экспериментальных данных. Кроме того, в двух нижних строках таблицы даны результаты психологического обследования обучаемых в виде коэффициента интеллектуальности K_u и средний балл их успеваемости. Значение T_{max} использовано для нормирования времени ответов обучаемых.

Таблица 1 - Результаты обработки экспериментальных данных

Параметр	А	Б	В	Г
Кол-во шагов	153	210	174	136
Параметры безошибочности				
B	0,99	1,0	1,0	0,78
B_1	0,02	0,04	0,0	0,0
B_1 для одного знака	0,61	0,67	0,0	0,0
p	0,04	0,14	0,08	0,3
$B_{пред}$	0,85	1,0	1,0	0,52
Ошибка	18,87	43,64	24,70	25,73
Параметры быстрейдействия				
M_1 , с	00:12	00:15	00:35	00:28
M_0 , с	01:30	01:46	01:46	01:49
p	0,71	0,7	0,42	0,3
$\Phi^{11} = \Phi^{00}$	0,4	1	0,12	1,0
T_{max} , с	02:09	02:32	02:58	02:15
K_u (max = 70)	43	49	69	39
Ср. балл	4,09	4,45	4,5	4,03

На рисунках 2-5 по оси абсцисс отложено число n шагов обучения по осям ординат: слева – вероятности безошибочного опознавания, справа – нормированное по T_{max} время опознавания. Обозначены: 1 – точки ответов обучаемых в каждом испытании (на уровне 0 – ошибочные, на уровне 1 – правильные); 2 – кривая безошибочности ответов по блоку 9-ти знаков в целом; 3 – уровни безошибочности опознавания одного знака в среднем за период 30 шагов обучения; 4 – кривая безошибочности опознавания одного знака; 5 – нормированные значения времени опознавания 9 знаков блока (треугольными метками); 6 – кривая среднего времени опознавания 9-ти знаков блока.

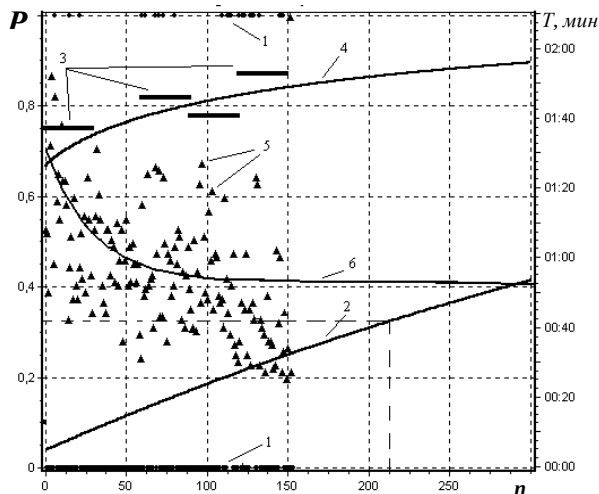


Рисунок 2 – Результаты обработки для испытуемого А

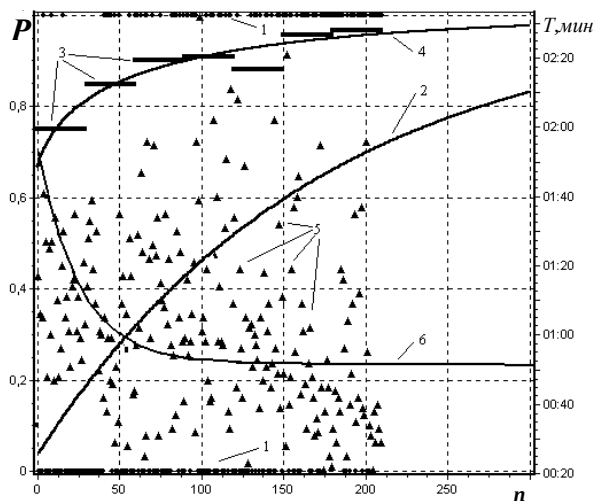


Рисунок 3 – Результаты обработки для испытуемого Б

Видно постепенное уменьшение числа ошибок (точки на уровне 0) и рост числа правильных ответов (точки на уровне 1). Этому соответствует нарастание вероятности безошибочного опознавания знаков как блока в целом (кривая 2), так и одного знака (кривая 4).

Расположение уровней 3 безошибочности опознавания одного знака за 30 шагов обучения в сравнении с ходом кривых 4 свидетельствует о хорошем сглаживании экспериментальных данных. В эксперименте не оценивалась дисперсия времени ответов обучаемых. О ней косвенно можно судить по разбросу значений времени ответов (треугольные метки 5).

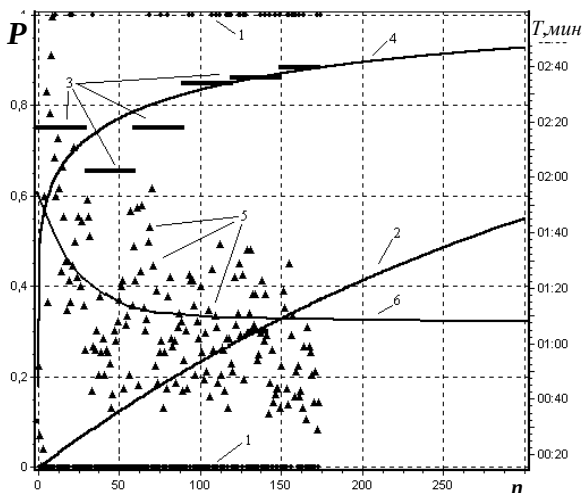


Рисунок 4 - Результаты обработки для испытуемого В

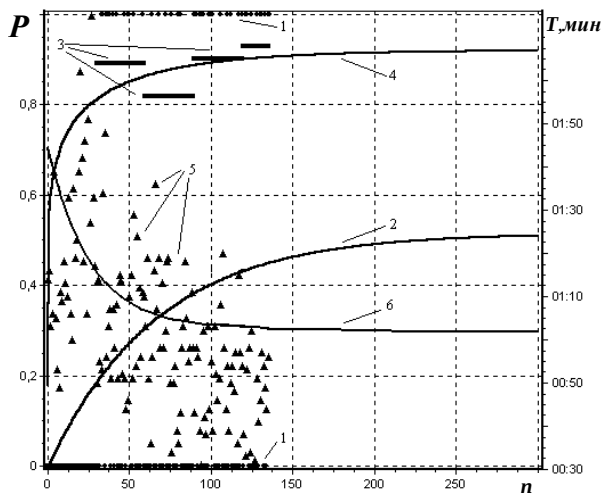


Рисунок 5 – Результаты обработки для испытуемого Г

Характерно существенное отличие начальных уровней безошибочности (у обучаемых А и Б $B_1 = 0,61$, $B_1 = 0,67$ соответственно, а у обучаемых В и Г $B_1 = 0$ для одного знака). Модели прогнозируют достижение предельного уровня безошибочности, равного: 0,85 у первого обучаемого 1 – для второго и третьего и 0,52 – у последнего. Начальный уровень бысродействия у всех обучаемых примерно одинаков ($m_0 = 1'30'' \dots 1'49''$), а прогноз по предельно достижимому бысродействию различен: для обучаемых А и Б он высокий ($m_1 = 12'' \dots 15''$), а для обучаемых В и Г – примерно в 3 раза ниже ($m_1 = 28'' \dots 35''$). Характерны существенные отличия в вероятностях p правильной перестройки

обучаемых за один шаг, по результатам их оценки (0,04; 0,14; 0,08; 0,3), а также условных вероятностей правильной их самооценки по времени ответов $\Phi^{11} = \Phi^{00}$ (0,4; 1,0; 0,12; 1,0).

Рассмотренное программное обеспечение проиллюстрировано на примере освоения обучаемыми конкретного учебного материала, но может быть использовано в других случаях. При этом оно может включаться в тренажеры и автоматизированные учебные курсы. Применение подобной регистрации и обработки экспериментальных данных по освоению теоретического материала или профессиональной операторской деятельности позволит выработать полезные практические рекомендации по совершенствованию подготовки специалистов.

Библиографический список

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

Поступила в редакцию 9.11.2000 г.