

УДК 378.147:004.5

П.П. Чабаненко

Севастопольский военно-морской институт им. П.С. Нахимова

ул. Дыбенко, в. Севастополь, Украина, 99035

E-mail: sni@.sni.stel.sebastopol.ua

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ ПО СТРУКТУРНЫМ МОДЕЛЯМ ОБУЧЕНИЯ

На основе структурных моделей обучения предложен метод, который позволяет проводить описание и количественную оценку формирования навыков в процессе обучения операторов в системе «человек-машина».

Актуальность проблемы развития теории обучения операторов человеко–машинных систем (ЧМС) всё очевидней подтверждается известными авариями и катастрофами последних лет, анализу которых посвящена обширная литература.

Выявленные причины свидетельствуют о неполноте учёта человеческого фактора как при создании ЧМС, так и при их эксплуатации. Причём, доля аварий из-за ошибок операторов систем различного назначения стабильно высокая. Существенный вклад в снижение аварийности может привнести совершенствование подготовки операторов ЧМС. Научно обоснованные рекомендации по повышению подготовленности операторов с количественной оценкой динамики формирования у них безошибочности действий могут вырабатываться на основе моделей обучения, учитывающих структуру взаимодействия обучающихся и обучаемых в ходе обучения. Метод разработки таких моделей рассматривается в данной статье.

В предлагаемом методе предусматривается расчленение деятельности оператора ЧМС по решаемым задачам, а алгоритмов деятельности по каждой задаче – на близкие по сложности блоки операций (БО). В качестве шага обучения принимается целостный в смысловом отношении фрагмент взаимодействия обучающего с обучаемым по отработке одного из БО, повторяемый в цикле со сменами БО.

В ходе обучения у оператора формируются знания, умения и навыки безошибочных действий. Синоним безошибочности – правильность. Под безошибочностью действий понимается способность оператора решать задачи без ошибок в порядке и правилах выполнения требуемых алгоритмов деятельности. В качестве исходных данных задаются вероятностные характеристики безошибочности:

- действий обучаемого;
- решений при контроле его действий;
- перестройки умственной модели (УМ) обучаемым.

При этом полагается, что освоенному БО соотносится наличие у оператора умственной модели безошибочного его выполнения (положительного динамического стереотипа по И. Павлову) с дополнением о возможности двух основных видов ошибок оператора:

- ошибки из-за необученности, т.е. неосвоенности порядка и правил необходимых действий;
- ошибки обученного оператора вследствие влияния помех, утомления, напряжённости.

Процесс обучения рассматривается как стохастический процесс изменения его состояний. В качестве состояний обучаемого принимается число правильных УМ его действий по N отрабатываемых БО.

Метод разработки МО включает следующие этапы:

1. Разработка описательной части МО в виде:

1.1. Вербальной модели взаимодействия сторон, участвующих в учебном процессе.

1.2. Алгоритмической модели этого взаимодействия в форме графа операций (работ).

2. Разработка оценочной составляющей МО в виде:

2.1. Вероятностного графа событий за один шаг обучения.

2.2. Функций показателей безошибочности и времени действий обучаемого от характеристик его состояний и шага обучения.

2.3. Системы рекуррентных уравнений состояний обучаемого и её решения.

2.4. Аналитических зависимостей показателей безошибочности и быстродействия обучаемого от шага обучения (числа занятий, тренировок).

В результате строится переходный процесс целенаправленного перевода обучаемого из неподготовленного состояния в подготовленное. Вырабатываются рекомендации по совершенствованию обучения операторов и поддержанию требуемого уровня их подготовленности. Оценивается вклад обучения операторов в эффективность ЧМС, к действиям в которой они готовятся.

Рассмотрим пример разработки структурной модели обучения операторов.

Пусть структура шага обучения включает (рисунок 1):

1. Постановку тренировочной ситуации.
2. Её восприятие и анализ обучаемым с принятием решения на необходимые действия.
3. Контроль и оценку правильности его действий.
4. Перестройку УМ обучаемым по результатам его оценки.

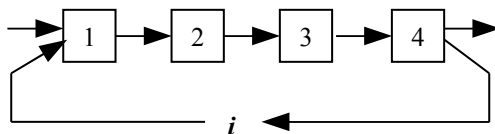


Рисунок 1 — Граф работ для шага обучения: i -й номер шага

Вариант модели процесса обучения за один произвольный шаг

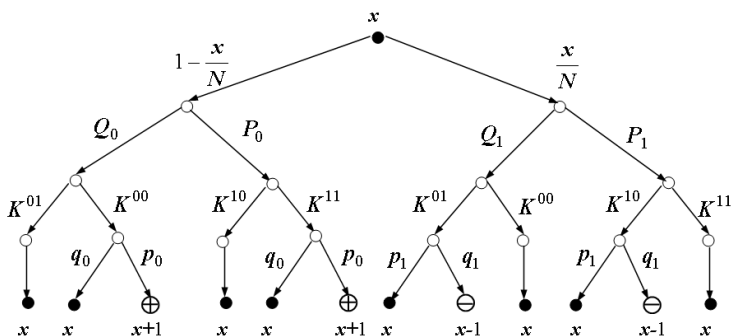


Рисунок 2 — Граф событий за один шаг обучения

приведен на рисунке 2.

Висящие вершины графа обозначены состояниями оператора в конце шага обучения. Как видим, число сформированных у него правильных УМ действий может увеличиться ($x+1$), уменьшиться ($x-1$) на единицу или остаться прежним (x). Вероятности перехода в новые состояния находятся по рисунку 2 и составляют:

$$\begin{aligned} p_{x-1} &= x\pi_1/N, & p_{x+1} &= (1 - x/N)\pi_2; \\ \pi_1 &= (Q_1K^{01} + P_1K^{10})q_1, & \pi_2 &= (Q_0K^{00} + P_0K^{11})p_0. \end{aligned} \quad (1)$$

Заметим, что π_2 характеризует способность системы обучения формировать у оператора новые навыки правильных и быстрых действий, а π_1 — способность закреплять (сохранять) уже сформированные.

В данном случае динамика состояний обучаемого отображается одним рекуррентным уравнением

$$\bar{x}_{i+1} = a_x \bar{x}_i + a, \quad (2)$$

где $a_x = 1 - (\pi_1 + \pi_2) / N$; $a = \pi_2$.

Уравнение (2) показывает, что новое состояние обучаемого складывается из сохраняемой доли $a_x \bar{x}_i$ и приобретаемой части a правильных УМ действий.

Решая уравнение (2), находим среднее число освоенных обучаемым БО для любого числа шага обучения

$$\bar{x}_i = \theta - (\theta - \bar{x}_1) a_x^{i-1}, \quad (3)$$

где $\bar{x}_1$ — начальный уровень подготовленности оператора, $\theta = a / (1 - a_x)$.

Поскольку $0 < a_x < 1$, то из (3) следует

$$\hat{x} = \lim_{i \rightarrow \infty} \bar{x}_i = a / (1 - a_x) = N \pi_2 / (\pi_1 + \pi_2). \quad (4)$$

x — число БО, освоенных к шагу i ; N — полное число БО, подлежащих освоению; $P_1(P_0)$ — вероятность правильного (неправильного) выполнения БО; K^{ij} — условная вероятность оценки j при фактическом исходе i действий оператора ($j=0; 1, i=0; 1, 1$ — верно, 0 — неверно); $p_0(p_1)$ — условная вероятность исправления неправильной (сохранения правильной) УМ действий обучаемым.

Предел (4) характеризует потенциальные возможности системы обучения в той доле осваиваемого учебного материала N , которая достижима при отсутствии ограничения на время обучения. Обращаясь к (1), видим, что $\hat{x} = N$ только при идеальной системе контроля (вероятности ошибок при оценке обучаемого $K^{01} = K^{10} = 0$) или при идеальном сохранении обучаемым приобретённых навыков ($q_1 = 0$, т.е. $p_1 = 1$). Реальные системы обучения всегда хуже идеальных как по свойствам обучающих, так и по способностям обучаемых, поэтому $\hat{x} < N$.

В конечном итоге практика интересует не столько доля освоенного оператором учебного материала, сколько успешность решения им предписанных задач. Последняя характеризуется вероятностью правильного выполнения оператором отрабатываемых действий

$$P_i = P_0 + (P_1 - P_0) \cdot \bar{x}_i / N, \quad (5)$$

где $\bar{x}_i$ определено в (3).

Характерно, что начальная (при $i=1$) вероятность успешного выполнения действий зависит не только от $\bar{x}_1$, но и от значений N , P_1 и P_0 , отражающих сложность требуемых действий. Это часто ускользает из внимания: обычно полагают, что при нулевой начальной подготовленности обучаемых кривая обучения идёт с нуля, т.е. $P_1=0$. Как видно из (5), это не

так: даже при $\bar{x}_1 = 0$ имеет место $P_1 = P_0$. Действительно, фиксируемое число ошибок обучаемых на первом же шаге обучения зависит не только от числа предварительно освоенных им блоков, но и от их числа и сложности.

Рассмотренная структурная модель обучения позволяет, в отличие от традиционных, оценить вклад в итоговый эффект основных составляющих исследуемого процесса.

Пусть, например, требуется оценить приращение качества системы обучения за счёт улучшения контроля действий обучаемых и (или) совершенствования их профессионального отбора (таблица 1) в сравнении с существующей (вариант 1).

Внедрение новой системы контроля действий обучаемых даст приращение в итоговом эффекте на 25,9%, профессиональный отбор — на 22,5%, а их совместное внедрение — на 33,4%.

Таблица 1 — Оцениваемые варианты системы обучения

Варианты		Характеристики		Показатель $\hat{x}/N$
		контроля	обучаемых	
исходный 1		$K^{11} = K^{00} = 0,8$	$p_0 = p_1 = 0,3$	0,632
П Р Е Д Л А Г А Е М Ы Е	2	$K^{11} = K^{00} = 0,95$	$p_0 = p_1 = 0,3$	0,891
	3	$K^{11} = K^{00} = 0,8$	$p_0 = p_1 = 0,6$	0,857
	4	$K^{11} = K^{00} = 0,95$	$p_0 = p_1 = 0,6$	0,966

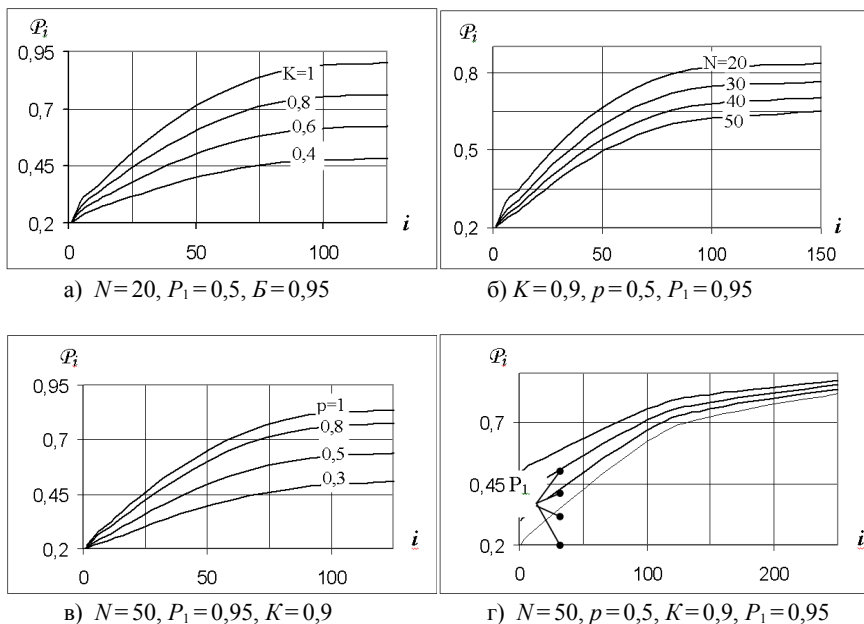


Рисунок 3 — Динамика правильности действий обучаемого оператора при различных характеристиках системы обучения

Предложенный метод позволяет разрабатывать различные модели обучения структурного класса с более адекватным учётом внутренней природы исследуемых процессов, чем при традиционных подходах. Это, в свою очередь, даёт возможность вырабатывать и более значимые для практики рекомендации по совершенствованию подготовки операторов человека – машинных систем.

Библиографический список

1. Ашеро́в А.Т. Эргономика информационных технологий / А.Т. Ашеро́в, С.А. Капле́нко, В.В. Чубу́к. — Харьков: ХГЭУ, 2000. — 221 с.
2. Чабаненко П.П. Введення у теорію навчання операторів людино-машинних систем / П.П. Чабаненко // Зб. наук. праць. — Харків, 2002. — Вип. 1 (39). — С. 39–46.

Поступила в редакцию 10.02.2004 г.