

УДК 623.592:623.618:358.4

В.Г. Чернов, М.А. Павленко, А.И. Тимочко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## МЕТОД ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТРЕНАЖНОЙ ПОДГОТОВКИ

*В статье предложен метод интегральной оценки эффективности деятельности офицера боевого управления автоматизированного командного пункта (оператора) в процессе тренажной подготовки. Данный метод позволяет оценивать деятельность операторов как на основе данных, полученных от экспертов, так и путем формирования оценки на основе имеющейся статистической информации, полученной в ходе накопления статистических данных тестирования в процессе обучения.*

**Ключевые слова:** офицер боевого управления, тренажёрный комплекс, автоматизированная система контроля операторской деятельности, формализация правил оценивания, интегральная оценка, оператор.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одной из важных задач при подготовке офицеров боевого управления автоматизированного командного пункта (ОБУ АКП), далее операторов, на тренажере является получение объективных результатов обучения и определения степени готовности оператора к практической работе в реальных условиях.

В настоящее время при проведении тренажной подготовки процесс контроля операторской деятельности осуществляется инструктором на базе средств пульта контроля и управления на всех этапах тренировки. Оценка действий операторов производится частично в процессе тренировки; частично – после ее завершения на основе апостериорного анализа зафиксированных в процессе тренировки показателей. В зависимости от характера решаемых задач в процессе тренажной подготовки глубина и масштабы проведения контроля, правильности и эффективности действий операторов могут быть различными [1].

Существующая система оценивания действий операторов базируется на выводах инструкторов, которая зависит от уровня их профессионализма, опыта, моральных и психофизиологических особенностей [2]. Кроме того, в традиционном подходе оценивания отсутствует четкая и детализованная система критериев

оценки действий ОБУ которая всесторонне характеризовала бы его деятельность. Сама деятельность ОБУ не имеет четкой структуры. Для её анализа и оценки в целом не разработаны единые критерии и подходы. Таким образом, перечисленные недостатки существующей методики оценки деятельности ОБУ не позволяют получить объективные комплексные показатели качества их деятельности в количественном или качественном представлении.

Специфика деятельности ОБУ при решении задачи наведения истребителей на воздушные цели, а именно сложность самой задачи наведения, различные подходы к её решению, одновременное решение нескольких задач, не дает возможность применить существующие подходы для оценивания действий ОБУ. Поэтому актуальным является направление исследований связанное с разработкой интеллектуальной системы контроля действий ОБУ АКП позволяющей интегрально оценивать различные показатели качества его деятельности и использование её при построении тренажерных комплексов.

**Анализ литературы.** В работе [3] рассматривалась методика сопоставления количественно-качественных показателей автоматизированного управления уровнем готовности авиадиспетчеров, в которой представлены результаты экспериментальных исследований по сопоставлению влияния качественной

характеристики сложности упражнения на количественные значения изменения уровня готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях. Также приведены функции принадлежности термов лингвистических переменных «сложность упражнения» для эталонных моделей авиадиспетчеров.

Проблеме повышения качества профессиональной подготовки авиадиспетчеров за счет реализации индивидуального подхода к обучению с использованием процедурных тренажеров уделено внимание в работах [4, 5], где рассматривалась система критериев оценки действий авиадиспетчеров. Также исследовались вопросы разработки независимых автоматизированных средств регистрации, анализа и оценки действий авиадиспетчеров и применение их на тренажерах управления воздушным движением (УВД).

Однако проблема усовершенствования профессиональной подготовки ОБУ АКП, в том числе с использованием тренажеров, тренажерных комплексов для формирования умений и навыков в сложной обстановке остается недостаточно исследована. Недостаточно рассмотрены вопросы разработки интеллектуальной системы контроля и оценки действий ОБУ АКП. Данная система позволит анализировать, контролировать и интегрально оценивать различные показатели качества деятельности ОБУ АКП, задавать различные уровни сложности упражнений и варьировать их содержание.

**Цель статьи.** Представление результатов разработки метода оценки деятельности операторов на основе формализованных правил оценивания в процессе тренажерной подготовки.

### Основная часть

При организации и проведении тренажерной подготовки необходимо учитывать начальный, промежуточный и итоговый уровень подготовки операторов. Для этого в составе тренажерных комплексов должна создаваться автоматизированная система контроля операторской деятельности.

Данная система предназначена для обеспечения инструктора объективными данными, которые позволяют производить анализ и оценку деятельности операторов, разбор тренировки и планирование процесса последующего обучения. Средства системы позволяют фиксировать, запоминать и отражать на экранах мониторов практически все действия ОБУ АКП в процессе решения задачи наведения с привязкой ко времени тренировки [1]. Таким образом, обнаруживаются и документируются все отклонения от нормативных значений параметров и способов деятельности ОБУ.

Система автоматизированного контроля операторской деятельности должна обеспечивать выполнение следующих функций:

– автоматизированный контроль действий операторов на всех этапах тренировки, определение ошибок и отклонений в их работе;

– формирование частных и комплексных оценок качества деятельности на основе заданных объективных критериев;

– оперативный контроль психофизиологического состояния операторов;

– обработка данных объективного контроля для последующего документирования.

Процесс проведения тренажерной подготовки предусматривает отработку оператором различного типа задач его деятельности (формализованных и неформализованных). Для интегрального оценивания деятельности оператора необходимо формализовать процесс оценивания этих задач и разработать методику оценивания деятельности оператора.

Для получения полной интегральной оценки учитываются все показатели качества деятельности операторов. В работе оцениваются прямые показатели деятельности: время реакции, адекватность и общее время решения задачи по устранению результатов ошибочных действий [6]. Прямые показатели могут быть частными и обобщенными. Частные показатели предназначены для оценки качества выполнения оператором отдельных операций, обобщенные - для оценки уровня подготовки оператора в целом.

В работе [6] рассмотрено использование частных показателей эффективности деятельности оператора АСУ:

– вероятность выполнения операции (или всего алгоритма работы) за время  $t$ , не превышающее заданного  $T_0$ ;

– вероятность выполнения операции (или всего алгоритма работы) с ошибками  $g$ , не превышающими заданной величины  $R_0$ ;

– вероятность того, что количество  $L_i$  безошибочных решений, принимаемых в процессе работы, не менее заданной величины  $L_0$ ;

– среднее значение (математическое ожидание) контролируемого показателя;

– среднее квадратическое отклонение (дисперсия) контролируемого показателя;

– совокупность среднего значения и среднеквадратического отклонения контролируемого показателя и т.д.

Обобщенным показателем оценки уровня подготовки оператора является вероятность выполнения поставленной перед ним задачи.

Рассмотренные показатели качества деятельности операторов могут дать одну или несколько разнотипных оценок каждого оператора. Иногда этого недостаточно. Необходимо дать интегральную оценку качества деятельности операторов как совокупности всех показателей качества обучения и под-

готовки в ходе проведения тренажной подготовки. Такая интегральная оценка может быть определена, как «эффективность деятельности оператора».

Также в работе разработан аппарат формализации правил получения оценок индивидуальной и групповой деятельности операторов. В основу разработанного аппарата формализации положена теория нечетких множеств. Данный подход позволил привести оценки различной природы к единой формальной системе и учесть их, используя единые формальные правила.

Время индивидуальной и коллективной подготовки зависит от специфических особенностей деятельности операторов конкретного образца комплекса средств автоматизации (КСА). Время, отводимое для индивидуальной и коллективной подготовки, может быть распределено следующим образом.

Предварительно вычисляют время, необходимое для отработки каждой операции конкретной учебной задачи ( $t_{отрj}$ ), по формуле:

$$t_{отрj} = \left( S_i / \sum_{i=1}^{N_{оп}} S_i \right) \cdot t_{пj}, \quad (1)$$

где  $S_i$  – коэффициент, учитывающий вес  $i$ -й операции;  $N_{оп}$  – число обрабатываемых операций в задаче;  $t_{пj}$  – время, необходимое для отработки  $j$ -й задачи, которое определяется с помощью модели обучаемости.

Коэффициент, учитывающий вес  $i$ -й операции, рассчитывают по формуле:

$$S_i = m_i \alpha_i \frac{t_i}{t_{пр}}, \quad (2)$$

где  $m_i$  – коэффициент, учитывающий число логических условий в  $i$ -й операции;  $\alpha_i$  – коэффициент, учитывающий тип связи между логическими условиями в  $i$ -й операции;  $t_i$  – время выполнения  $i$ -й операции;  $t_{пр}$  – время выполнения операции, требующей наименьших временных затрат.

Время, отводимое на индивидуальную (коллективную) подготовку, вычисляют по формуле:

$$t_{п(k)} = \sum_{j=1}^{N_y} \sum_{i=1}^{M(P)} t_{отрj}, \quad (3)$$

где  $N_y$  – число учебных задач;  $M(P)$  – количество операций, обрабатываемых при индивидуальной (коллективной) подготовке по каждой задаче соответственно;  $t_{отрj}$  – время отработки  $i$ -й операции в  $j$ -й задаче, ч;

$$t_{отрj} = (30 \div 50) t_{ij};$$

$t_{ij}$  – время, необходимое для однократного выполнения  $i$ -й операции в  $j$ -й задаче, ч.

Длительность непрерывной тренировки устанавливают следующим образом. 50 минут – про-

должительность занятия. После него делают 10-минутный перерыв. Устанавливается 7-ми часовой учебный день. Для согласования времени тренировок и занятий по изучению других дисциплин длительность тренировок должна быть кратной одному часу и с учетом перерыва не должна превышать 4 ч [7].

Одной из наиболее важных является оценка времени выполнения операций, направленных на устранение последствий ошибочных действий. Обозначим данный показатель – «временем реализации действий оператором, направленных на устранение последствий ошибочных действий ( $T$ )»  $O_T$  [8].

Заданы: вид функций принадлежности (ФП) термов, порог принадлежности ( $\Pi$ ) значений ФП для принятия решения о значении лингвистической переменной (ЛП), область значений ЛП (аргументов ФП).

1. Формируется таблица соответствия между значением оцениваемого параметра и его лингвистическим термом для каждого ошибочного действия (табл. 1).

Таблица 1

Соответствия между значением оцениваемого параметра и его лингвистическим термом

| Терм                   | Неуд.          | Уд.                       | Хор.              |
|------------------------|----------------|---------------------------|-------------------|
| Ошибочное действие 1   |                |                           |                   |
| Границы $T$ , сек      | $T > \Gamma_2$ | $\Gamma_1 < T < \Gamma_2$ | $T \leq \Gamma_1$ |
| Ошибочное действие 2   |                |                           |                   |
| Границы $T$ , сек      | $T > \Gamma_2$ | $\Gamma_1 < T < \Gamma_2$ | $T \leq \Gamma_1$ |
| ...                    |                |                           |                   |
| Ошибочное действие $n$ |                |                           |                   |
| Границы $T$ , сек      | $T > \Gamma_2$ | $\Gamma_1 < T < \Gamma_2$ | $T \leq \Gamma_1$ |

Пороги задаются методом экспертных оценок либо с использованием данных полученных на контрольных группах:

$$\Gamma_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} \Theta_{ij} / \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}, \quad (4)$$

где  $i \in [1, m]$ ;  $j = 1, 2$ ;  $m$  – число экспертов;  $\Theta_{ij}$  – значение  $j$ -го порога, задаваемое  $i$ -м экспертом;  $\alpha_{ij}$  – весовой коэффициент, отображающий степень доверия  $i$ -му эксперту.

2. Определяется процент ошибочных действий, при устранении которых оператор уложился во временные интервалы, соответствующих каждому терму (табл. 2.):

Таблица 2

Пример распределения  $T$  по термам

| Оценка               | Неуд. | Уд. | Хор. |
|----------------------|-------|-----|------|
| % ошибочных действий | 5     | 6   | 89   |

3. Получение значений функций принадлежности.

Правило вывода (конкретизация значения) ЛП  $O_T$  формализовано методом нечеткой логики. Базовое терм-множество (область значений)  $O_T$  состав-

ляют термы: Неудовлетворительно, Удовлетворительно, Хорошо. Область рассуждений  $X = [0;100]$  [%]. Функции принадлежности  $\mu(x)$  для каждого термина заданы трапецеидально:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (5)$$

На рис. 1 приведено графическое отображение ЛП  $O_T$  (совокупность  $\mu(x)$  для каждого термина представлена на одном графике).

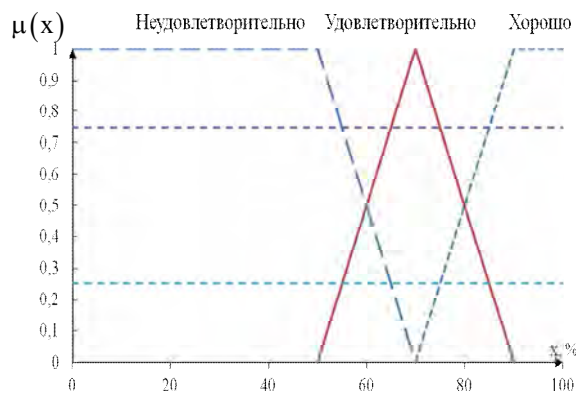


Рис. 1. Графическое отображение лингвистической переменной  $O_T$

Принятие решения демонстрирует следующий пример. Для  $x = 85\%$ :  $\mu_1(x) = 0$  - степень принадлежности терму «Неудовлетворительно»,  $\mu_2(x) = 0,25$  - степень принадлежности терму «Удовлетворительно»,  $\mu_3(x) = 0,75$  - степень принадлежности терму «Хорошо». Решение выглядит так:  $X(0,75), Y(0,25), H(0)$ .

4. Определение значения  $O_T$  по совокупности правил.

Правило 1. Определяется терм, степень принадлежности к которому максимальна  $\mu_i(x) = \max(i)$ . В нашем случае – это терм «Хорошо».

Правило 2. Задается условие: если для некоторого  $i$  и  $x$   $\mu_i(x) < K$ , где  $K$  – заданный порог степени принадлежности, то ЛП  $O_T$  равна терму, степень принадлежности которого максимальна из оставшихся двух  $O_T \leftarrow \max(j \neq i) \mu_j(x)$ . Иначе  $O_T$  равна терму, степень принадлежности которого  $\mu_j(x) \geq K$  и максимальна.

Суммарный балл подсчитываем с использованием уже известных аддитивных или мультипликативных процедур, поскольку все оценки являются приведенными к шкале  $[0,1]$ . Таким образом, объединение двух формализованных схем построения логиче-

ской схемы задач и приведения к единой шкале всего множества ответов – даёт возможность эффективного проектирования и создания автоматизированных систем контроля знаний в системах тренажа.

Любая автоматизированная система контроля знаний является эффективной лишь тогда, когда она способна адаптивно реагировать на каждого обучающегося в ходе проведения тестирования. Такая адаптация должна предусматривать самоорганизацию, как структуры логической схемы задач, так и наполнение информационной базы. Эффект, который будет, достигнут в результате этих процедур, обеспечит оптимальную работу обучающегося и обучающего над оцениванием знаний.

Интегральная оценка эффективности деятельности оператора может быть представлена в виде лингвистической переменной. Ее значениями являются не числа, а лингвистические термы: Неудовлетворительная (Неуд.), Удовлетворительная (Уд.), Хорошая (Хор.). Общая (интегральная) оценка является функцией оценок частных показателей:

$$M = F(O_t, O_A, O_T, \Gamma_j). \quad (6)$$

Формирование интегральной оценки заключается в следующем.

В результате по каждому показателю получена оценка в виде одного термина  $H, Y$  или  $X$ . При равной значимости показателей деятельности построена алгебра лингвистических величин – задается операция сложения с помощью данных представленных в табл. 4.

Таблица 4

Правила сложения в алгебре лингвистических термов

| Слагаемые | Неуд. | Уд.   | Хор.  |
|-----------|-------|-------|-------|
| Неуд.     | Неуд. | Неуд. | Неуд. |
| Уд.       | Неуд. | Уд.   | Уд.   |
| Хор.      | Неуд. | Уд.   | Хор.  |

В этом случае Неуд. + Уд. + Хор. = Неуд., Хор. + Хор. + Уд. = Уд. и т.д. Эта оценка может быть получена как за определенный интервал времени, так и за время ликвидации последствий ошибочных действий. На рис. 2 представлена структура метода формирования обобщенной оценки операторской деятельности.

Обобщенная структура метода оценки деятельности оператора представлена на рис. 3.

Предложенный метод оценки деятельности оператора отличается от известных использованием теории нечетких множеств для получения качественных интегральных оценок деятельности операторов. Полученные интегральные оценки позволяют повысить объективность оценки качества подготовки операторов и обосновать вырабатываемые рекомендации по их дальнейшему обучению.

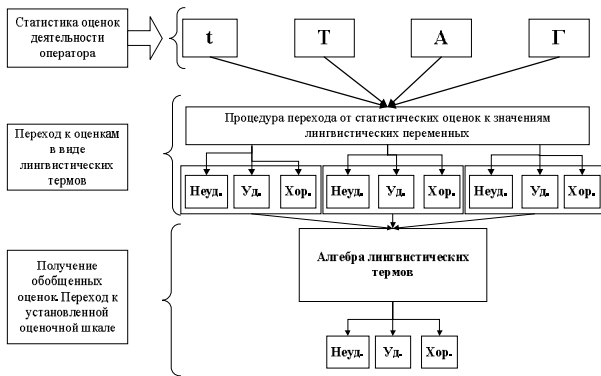


Рис. 2. Метод получения обобщенной оценки деятельности оператора с использованием нечетких термов

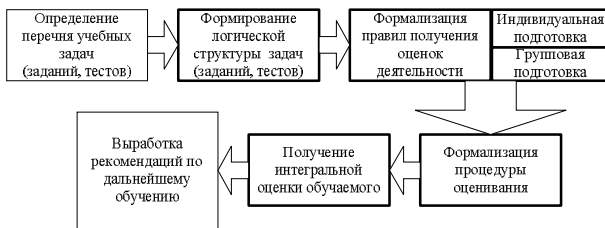


Рис. 3. Структура метода оценки деятельности оператора

## Выводы

Предложенный метод позволяет получать интегральную оценку эффективности деятельности операторов в процессе тренажной подготовки на основе не только получения её от экспертов, но и формировании оценки на основе имеющейся количественной информации, полученной путём обработки статистических данных тестирования и в процессе обучения.

## Список литературы

1. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разработки и опыт эксплуатации / [В.Е. Шукиинов,

В.В. Циблев, С.И. Потоцкий и др.]; под ред. В.Е. Шукиинова. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с.

2. Неділько С.М. Система підтримки прийняття рішень для інструктора процедурного тренажеру управління повітряним рухом / С.М. Неділько, А.С. Пальоний // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – № 6(47). – С. 336-342.

3. Чинченко Ю.В. Методика сопоставления количественно-качественных показателей автоматизированно-управления уровнем готовности авиадиспетчеров / Ю.В. Чинченко // *Искусственный интеллект*. – 2004. – №4. – С. 471-475.

4. Паленный А.С. Разработка алгоритма автоматизированной оценки действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / А.С. Паленный // *Наукові праці академії*. – Кіровоград: ДЛАУ. – 2006. – Вип. XI; за ред. Р.М. Макарова. – С. 118-130.

5. Неделько С.Н. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / С.Н. Неделько, В.А. Григорьевский, А.С. Паленный // *Наукові праці академії*. – Кіровоград: ДЛАУ, 2005. – Вип. IX; за ред. Р. М. Макарова. – С. 387-400.

6. Чернов В.Г. Формализация правил получения оценок деятельности оператора в процессе тренажной подготовки / В.Г. Чернов // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 1 (38). – С. 167-172.

7. Мунипов В.М. Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды [Текст] / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2000. – 210 с.

8. Бояркин М.А. Оценка результатов деятельности оператора-технолога нефтегазопромысла по данным архива SCADA-системы: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Бояркин М.А. – Тюмень: ТГНУ, 2007. – 101 с.

Поступила в редколлегию 25.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МЕТОД ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ОПЕРАТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ТРЕНАЖНОЇ ПІДГОТОВКИ

В.Г. Чернов, М.А. Павленко, О.І. Тимочко

У статті запропонований метод інтегральної оцінки ефективності діяльності офіцера бойового управління автоматизованого командного пункту (оператора) у процесі тренажної підготовки. Даний метод дозволяє оцінювати діяльність операторів як на основі даних, отриманих від експертів, так і шляхом формування оцінки на основі наявної статистичної інформації, отриманої в ході накопичення статистичних даних тестування в процесі навчання.

**Ключові слова:** офіцер бойового управління, тренажерний комплекс, автоматизована система контролю операторської діяльності, формалізація правил оцінювання, інтегральна оцінка, оператор.

## METHOD EVALUATING PROGRESS OPERATOR ACTIVITIES OF DURING SIMULATOR TRAINING

V.G. Chernov, A.I. Tymochko, M.A. Pavlenko

This paper proposes a method for evaluating the performance of the integrated command and control officer automated command post (operator) in the simulator training. This method allows to evaluate the activities of as operators based on the data obtained from experts and by forming estimates based on available statistical information obtained in the course of the accumulation of statistical testing in the learning process.

**Keywords:** combat control officer, simulator complex, automated system for monitoring operator activities, formalization of the rules of evaluation, the integral assessment, the operator.