

УДК 656.7.022

А.В. ИЗВАЛОВ, В.Н. НЕДЕЛЬКО, С.Н. НЕДЕЛЬКО, А.С. ПАЛЕННЫЙ, М.Ю. СОРОКА

Государственная летная академия Украины, Украина

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОДГОТОВКИ АВИДИСПЕТЧЕРОВ

Рассматривается вопрос повышения качества профессиональной подготовки авиадиспетчеров за счет реализации индивидуального подхода к обучению с использованием процедурных тренажеров. Представлена схема модели информационных потоков автоматизированной системы управления качеством подготовки авиадиспетчеров.

Ключевые слова: авиадиспетчер, обучение, качество, индивидуальный подход, упражнение, автоматизация, АСУ, тренажер.

Введение

На фоне постоянно возрастающих объемов грузовых и пассажирских авиационных перевозок увеличиваются рабочие нагрузки на специалиста по управлению воздушным движением (УВД), и, как следствие, выдвигаются новые требования к качеству профессиональной подготовки. Существенное повышение эффективности учебного процесса возможно при внедрении индивидуального подхода к обучению в сочетании с активным использованием процедурных тренажеров для развития отдельных умений и навыков.

Модели

На рис.1 представлена общая схема модели информационных потоков автоматизированной системы управления качеством профессиональной подготовки авиадиспетчеров, разрабатываемая в Государственной летной академии Украины.

Рассмотрим информационные потоки, протекающие во время очередного цикла работы системы в итерационном процессе обучения авиадиспетчера. На основе сравнения прогностических данных относительно ожидаемого уровня развития умений и навыков обучаемого с целевой моделью авиадиспетчера и исходя из текущей стратегии обучения происходит формирование исходных данных для нового упражнения (задача 1). Исходные данные представляют собой набор технологических операций (ТО), отработка которых необходима, а также объем, в котором они должны присутствовать в упражнении и их сложность.

Далее выполняется генерация упражнения (задача 2), удовлетворяющего заданным условиям. Упражнение составляется из элементов: планов полетов и блоков активации событий.

План полета представляет собой кортеж $\langle A, M, T \rangle$, где A – атрибуты воздушного судна (ВС), выполняющего полет, M – маршрут полета (простой элементарный путь в графе – диспетчерской зоне), T – время входа ВС в зону. Общее количество планов полета выбирается таким, чтобы удовлетворялись требования по объему и сложности ТО, связанных с обслуживанием отдельного рейса (взаимодействие со смежным диспетчерским пунктом, мониторинг динамической воздушной обстановки (ДВО) и пр.)

Варьируя время входа и маршруты полетов, получаем требуемое количество ситуаций для отработки ТО, связанных с предотвращением потенциально-конфликтных ситуаций [1].

Если среди целей упражнения содержится обучение действиям в особых случаях в полете, то дополнительно создаются блоки активации соответствующих событий. Блок характеризуется кортежем $\langle t_1, t_2, f_1, f_2 \rangle$, где t_1, t_2 – рамки временного промежутка запуска события, f_1 – логическая функция от ДВО, представляющая собой условие запуска события, а f_2 – процедура запуска собственно события, которая выполнится при истинности результата f_1 (или в момент t_2 если f_1 не примет истинного значения на промежутке $[t_1, t_2]$).

Введем следующие обозначения: X – создаваемое упражнение; N – количество ТО, обрабатываемых в нем; $f_i(X)$ – объем задействования i -й ТО в упражнении; $g_i(X)$ – сложность i -й ТО в упражнении; $a_i, \Delta a_i$ – требуемый объем задействования i -й ТО в упражнении и максимально допустимое отклонение от него; $b_i, \Delta b_i$ – требуемая сложность i -й ТО в упражнении и максимально допустимое отклонение от нее. Тогда задача генерации упражнения описывается следующим образом: требуется

выбрать такое множество элементов упражнения, чтобы выполнялись условия: для каждого $i \in [1; N]$:

$$f_i(X) \in [a_i - \Delta a_i; a_i + \Delta a_i];$$

$$g_i(X) \in [c_i - \Delta c_i; c_i + \Delta c_i] [2].$$

В результате решения этой задачи математического программирования создается сценарий упражнения, удовлетворяющего входным условиям. Данный

сценарий предназначен для отработки обучаемым на процедурном тренажере (задача 3).

Применение процедурных тренажеров в учебном процессе позволит в пределах одной учебной группы задавать различные уровни сложности упражнений и варьировать их содержание, что делает возможным реализацию индивидуального подхода к подготовке специалистов.

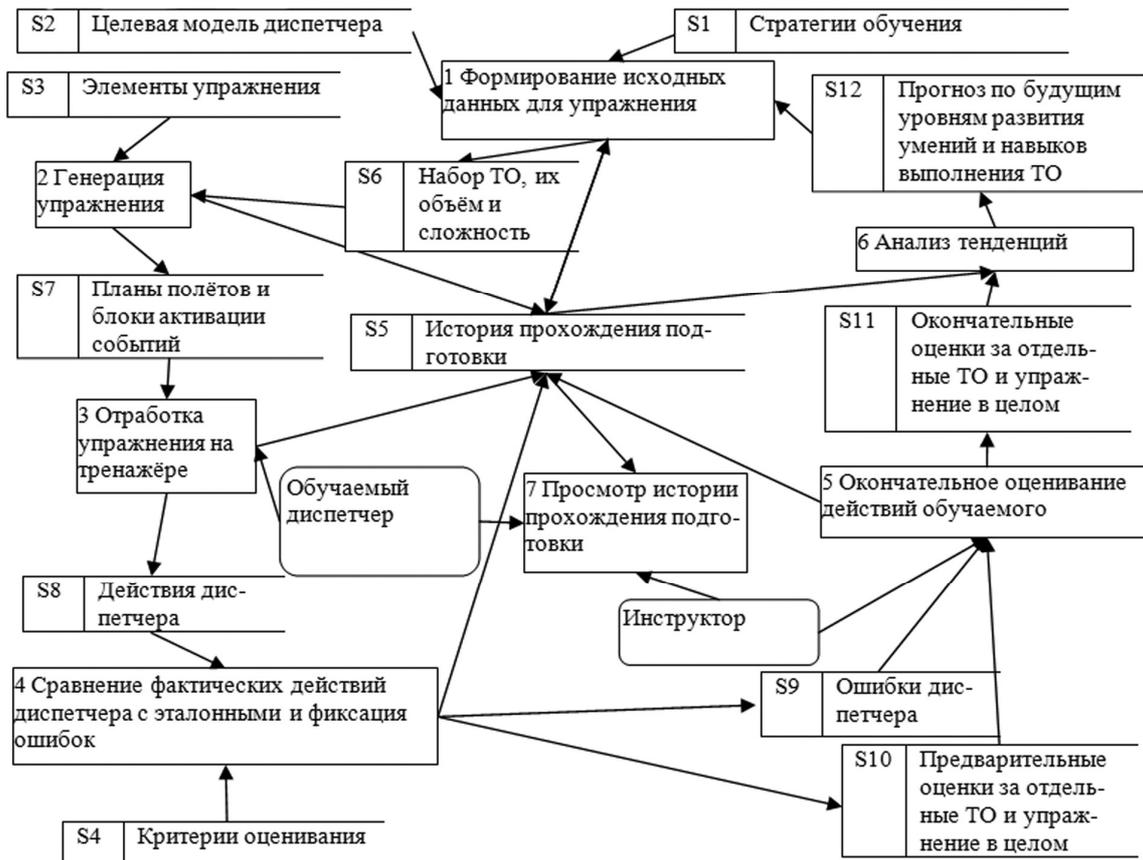


Рис. 1. Схема модели информационных потоков автоматизированной системы управления качеством профессиональной подготовки авиадиспетчеров

Следует отметить, что одним из недостатков существующих тренажеров УВД является недостаточная объективность оценок результатов обучения. Традиционный подход к оценке действий авиадиспетчеров, основанный на субъективном мнении инструктора, не в состоянии гарантировать полную адекватность выставленной оценки действительно уровню развития знаний, умений и навыков.

Объем и полнота регистрации действий авиадиспетчеров, объективность и достоверность регистрации и оценки информации, оперативность процесса оценивания, а также степень расчленения деятельности авиадиспетчера в процессе оценки его действий в основном зависят от квалификации, опыта и субъективных свойств инструкторского персонала. Кроме этого, на эффективность контроля за

действиями обучаемых и выведения итоговой оценки инструктором оказывают влияние следующие объективные факторы:

- возможный дефицит времени у инструктора на текущий контроль правильности действий обучаемого;
- отсутствие четкой, детализированной и всесторонней системы критериев оценки действий авиадиспетчеров, связанной с различными уровнями технологической структуры их деятельности.

Разработка независимых автоматизированных средств регистрации, анализа и оценки действий авиадиспетчеров и применение их на тренажерах УВД позволяет уменьшить зависимость оценки от субъективной составляющей и решить проблемы, связанные с воздействием объективных факторов.

Этапы оценки

Автоматизированная оценка действий осуществляется в четыре этапа (рис. 2):

1 этап. Регистрация действий авиадиспетчера. Предусматривает фиксацию фактических его действий в ходе отработки упражнений на тренажере при выполнении соответствующих технологических процедур.

Непосредственной фиксации подлежат технологические элементы в составе диспетчерских указаний, разрешений, информирований, координаций, взаимодействий с плановой информацией в виде множества элементов за определенный промежуток времени Δt , адресуемые р-му ВС $M_p^{TЭ}(\Delta t)$.

2 этап. Распознавание действий авиадиспетчера. Состоит в соотнесении зарегистрированных

фактических действий авиадиспетчеров с определенным типом технологических операций и процедур. Отнесение элементарных действий авиадиспетчера к определенному типу технологических единиц осуществляется последовательным обобщением каждого последующего уровня деятельности согласно иерархической структуре деятельности авиадиспетчера.

С этой целью применяется фреймовая модель представления знаний о типовых технологических единицах и их структуре. Результатом идентификации действий авиадиспетчеров является иерархически структурированные множества технологических единиц, которые представляют собой типовые технологические элементы $M_{ij}^{TЭ}$, операции M_{jk}^{TO} и процедуры M_{kN}^{TP} .

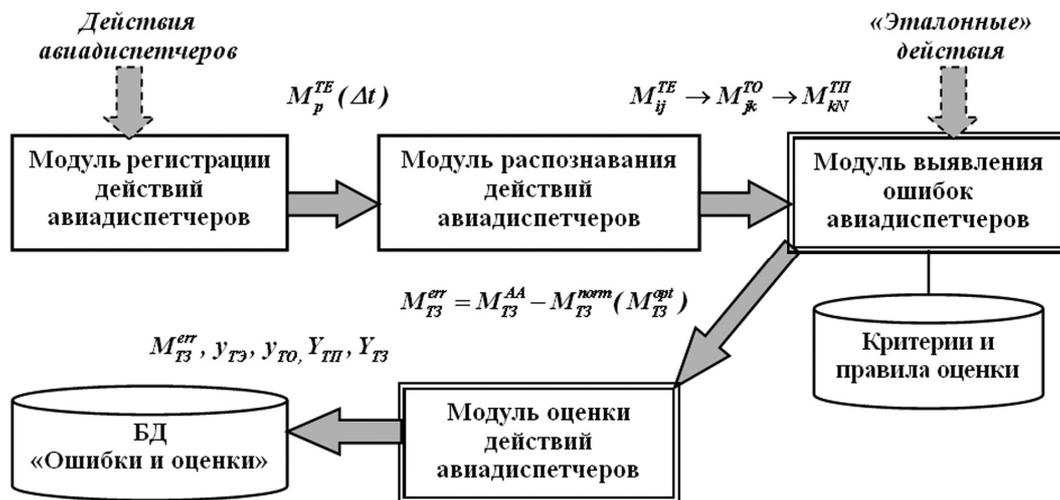


Рис.2. Этапы автоматизированного анализа и оценки действий авиадиспетчеров

3 этап. Выявление ошибок авиадиспетчера. Базируется на сопоставлении фактической модели действий, формируемой после выполнения им упражнений на тренажере УВД, с моделью «оптимальных» действий, выработанных модулем генерирования действий авиадиспетчера. Результатом такого сравнения выступает совокупность ошибок по каждой технологической задаче (ТЗ): $M_{T3}^{err} = M_{T3}^{AA} - M_{T3}^{norm}(M_{T3}^{opt})$. Анализ действий авиадиспетчера реализуется на базе мультиагентной системы с делиберативной архитектурой простых рефлексных оценивающих агентов с децентрализованным управлением [3, 4].

4 этап. Оценка действий авиадиспетчера. Выполняется в соответствии с моделью стратифицированной иерархической системы оценки на основе

множества ошибок авиадиспетчера по каждому критерию оценки согласно оцениваемым технологическим единицам деятельности [5]. Учитывается количество допущенных ошибок по каждому критерию оценки. Для обеспечения адекватности оценки на соответствующих уровнях деятельности используются коэффициенты важности, сложности, загруженности. На выходе получаем совокупность количественных оценок правильности выполнения технологических единиц деятельности (элементов и операций). На процедурном и задачном уровне вычисляются комплексные и итоговые качественные оценки их выполнения.

Таким образом, автоматизация оценки находит свое самостоятельное применение в качестве системы поддержки принятия решения (СППР) для инструктора (задача 4), сущность которой заключается

в частичной автоматизации функций инструктора по оценке деятельности авиадиспетчера и документальном представлении данных первичного анализа его действий. На основании данных СППР и собственных наблюдений, инструктор самостоятельно оценивает действия авиадиспетчера (задача 5). При этом он может не учитывать оценочные данные СППР. В то же время, полученные автоматизированным способом оценки, наряду с оценками инструктора используются при анализе тенденций изменения уровня подготовки авиадиспетчера (задача 6).

Анализ происходит в два этапа: предварительная обработка данных и применение прогностической модели.

На этапе предварительной обработки происходят следующие действия:

- формирование запроса на выборку данных относительно результатов работы конкретного диспетчера по исследуемой ТО;
- сортировка полученного ряда по дате;
- в выбранных данных определение оценок в течение одного дня и определение их арифметического среднего;
- определение количества дней между занятиями;
- применение модели приобретения и утраты навыков оператора сложных систем для заполнения значениями временных промежутков между занятиями.

Рассмотрим более детально модель приобретения

и утраты навыков оператора сложных систем. Аналитический вид модели выглядит следующим образом [6]:

$$Q(t) = Q_{\text{след}} \left(1 - \frac{Q_{\text{след}} - Q_{\text{пред}}}{Q_{\text{след}}} \cdot e^{-\frac{t}{t_0}} \right)$$

где Q – уровень подготовки;

$Q_{\text{след}}$ – уровень подготовки на следующем занятии;

$Q_{\text{пред}}$ – уровень подготовки на предыдущем занятии;

t_0 – дата предыдущего занятия;

t – дата следующего занятия.

В итоге мы получаем временной ряд $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x_i – оценки по заданной ТО или критерию оценивания.

Для построения прогноза воспользуемся аппаратом нейронных сетей. Нам необходимо разбить ряд на обучающее и проверочное множество. Как правило, для этого берут следующее соотношение: 80% - обучающее множество, 20 % проверочное [7].

Наиболее распространенным для построения обучающей выборки из временного ряда является метод скользящих окон.

Он основывается на теореме Такенса, которая доказывает, что, благодаря отображению запаздывающих координат, из временного ряда можно восстановить модель поведения этой системы (рис. 3) [8].

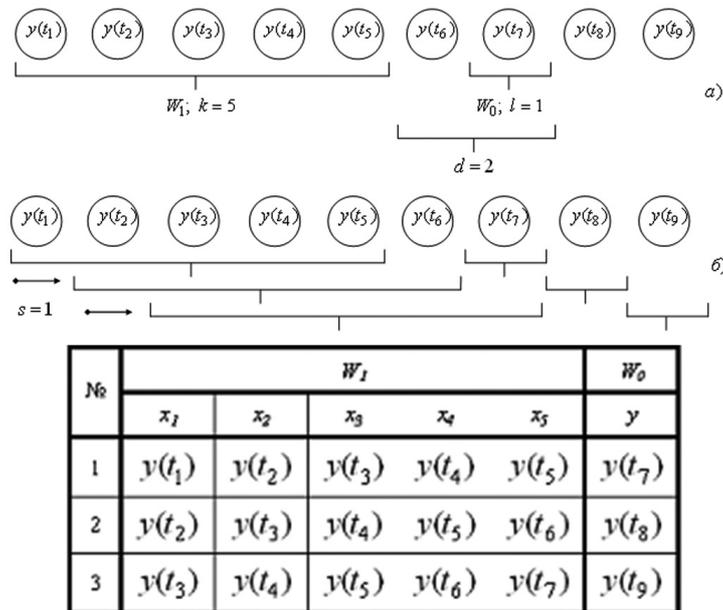


Рис. 3. Схема, иллюстрирующая "Метод скользящих окон". а - параметры метода; б - передвижение окон по временному ряду (в таблице приведен общий вид получаемой обучающей выборки).

Для формирования множества обучающей выборки в методе используются два окна W_1 и W_0 фиксированного размера k и l , соответственно, с интервалом d , обозначающим период прогнозирования. Эти окна перемещаются, начиная с первого элемента, по временному ряду исторических данных с некоторым шагом s , обычно равным минимальному шагу ряда.

Рассмотрение данных ряда производится через эти окна. Данные, находящиеся в окне W_1 , описывают распознаваемую ситуацию и задают для нейронной сети вектор входных значений X . Данные, находящиеся в окне W_0 , определяют значение прогноза и задают для сети вектор эталонных выходных значений Y .

Каждый следующий набор получается в результате сдвига окон W_1 и W_0 вправо на шаг s .

Размера окна W_0 и период прогнозирования d обычно выбираются равными 1.

Для работы с временным рядом оценок нами были выбраны следующие параметры:

$$k=5; l=1; d=1; s=1.$$

Из нейронных сетей для решения задачи прогноза наилучшие качества показывает гетерогенная сеть, состоящая из скрытых слоев с нелинейной функцией активации нейронных элементов и выходного линейного нейрона.

Используя аналитический пакет «Statistica» для подбора наилучшей структуры нейронной сети для решения нашей задачи, была получена нейронная сеть, в которой есть один скрытый слой с тремя нейронами [7].

Результаты применения нейронной сети для построения прогноза показали среднеквадратическую ошибку в 0,003 (рис. 4).

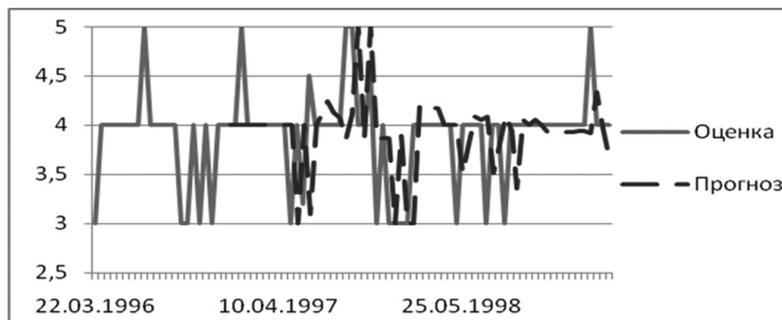


Рис. 4. График прогноза оценки

Результаты прогноза далее используются для формирования исходных данных в следующей итерации процесса подготовки специалистов, и таким образом цикл замыкается. Каждая задача фиксирует свои данные в истории прохождения подготовки. Поэтому как действия диспетчера при отработке любого отдельно взятого упражнения, так и развитие его умений и навыков по отдельным технологическим операциям на протяжении всей истории подготовки являются доступными для просмотра (задача 7).

Литература

1. Извалов А.В. Разработка алгоритмов автоматической генерации упражнения на диспетчерском тренажере для развития требуемых навыков / А.В. Извалов, В.Н. Неделько, С.Н. Неделько // *Наукові праці академії*. – Вип. XII. – Кіровоград, 2007. – С. 274-282.

2. Извалов А.В. Решение комбинаторных задач, связанных с автоматизированной генерацией упражнения на тренажере по управлению воздушным движением / А.В. Извалов, В.Н. Неделько // *Матеріали V міжсвітового наук.-практ. семінару «Комбі-*

наторні конфігурації та їх застосування». – Кіровоград, 2008. – С. 32-35.

3. Паленный А.С. Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / А.С. Паленный // *Наукові праці академії*. – вип. XII / за ред. Р.М. Макарова. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – С. 311-324.

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

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

6. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника / Г.П. Шибанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.

7. Тихонов Э.Е.. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие / Э.Е. Тихонов. – Невинномысск, 2006. – 221 с.

8. Олешко Д.Н. Информационная технология ускорения синтеза нейронных сетей для решения

задач прогнозирования при принятии решений: диссертация на соискание научной степени к.т.н. / Д.Н. Олешко. – Одесса, 2005. – 162 с.

Поступила в редакцию 3.02.2009

Рецензент: д-р пед. наук, проф. Р.Н. Макаров, Международная академия проблем человека в авиации и космонавтике, Москва, Россия.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПІДГОТОВКИ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

О.В. Извалов, В.М. Неділько, С.М. Неділько, А.С. Пальоний, М.Ю. Сорока

Розглядається питання підвищення якості професійної підготовки авіадиспетчерів за рахунок впровадження індивідуального підходу до навчання з використанням процедурних тренажерів. Представлено схему моделі інформаційних потоків автоматизованої системи управління якістю підготовки авіадиспетчерів.

Ключові слова: авіадиспетчер, навчання, індивідуальний підхід, вправа, автоматизація, АСУ, тренажер, оцінювання, стратегія, прогнозування.

MODEL OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS' TRAINING QUALITY MANAGEMENT PROCESSES

A.V. Izvalov, V.N. Nedelko, S.N. Nedelko, A.S. Palennyi, M.Yu. Soroka

Question of air traffic controllers' professional training quality improvement by implementation of individual approach to studying and use of procedural simulators is considered. The scheme model of information flows in automated air traffic controllers' training quality management system is shown.

Keywords: air traffic controller, study, individual approach, simulation, automation, automated management system, simulator.

Неділько Сергей Николаевич – канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой обслуживания воздушного движения Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: asup@glau.kr.ua.

Неділько Виталий Николаевич – канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой информационных технологий Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: nvn@glau.kr.ua.

Извалов Алексей Владимирович – преп. кафедры информационных технологий Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: aviglau@gmail.com.

Паленный Андрей Сергеевич – преп. кафедры обслуживания воздушного движения Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: AT-SAT@yandex.ru.

Сорока Михаил Юрьевич – преп. кафедры информационных технологий Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: s_mike@ukr.net.