УДК 629.7.083

Ю. Б. Остапченко
ОАО «НИЦ СПбЭТУ»

С. А. Кудряков
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

С. А. Беляев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Построение комплексных автоматизированных обучающих систем, использующих дополнительные источники информации о качестве усвоения материала

Рассматриваются вопросы использования в рамках комплексных автоматизированных обучающих систем средств оценки психофизиологического состояния обучаемого для улучшения качества освоения новых знаний (умений и навыков). Приведены результаты эксперимента, подтверждающие, что использование в процессе деятельности приборной информации об их текущем эмоциональном состоянии существенно повышает эмоциональную устойчивость.

Автоматизированные обучающие системы, профессиональная подготовка, функциональное состояние

Технический и социальный прогресс требует от человека все больших знаний, умений, навыков. Реалии современной действительности показывают снижение общего уровня подготовки выпускников средних школ, что затрудняет процесс профессиональной подготовки специалистов в профильных высших учебных заведениях. Современная профессиональная подготовка невозможна без использования информационных технологий и различных автоматических и автоматизированных обучающих систем (АОС).

Традиционная для современных АОС схема функционирования включает последовательность, состоящую как минимум из следующих этапов, каждый из которых направлен на усвоение учащимися определенной порции учебного материала:

– предъявление порции теоретической информации, предназначенной для усвоения;

– выполнение упражнений для осмысления и закрепления теории;

– оказание (в случае необходимости) помощи учащемуся при выполнении учебно-тренировочных заданий.

Современные компьютеризированные тренажеры и АОС, используемые, например, для пилотов и специалистов диспетчерских служб, представляют собой сложные устройства и используются для выработки, закрепления, восстановления и совершенствования соответствующих профессиональных навыков.

Порядок работы обучаемого в условиях применения АОС определяется либо жестким сценарием, заданным разработчиком, либо выбирается из набора типовых сценарных схем, либо соответствует определенному адаптивному алгоритму, задачей которого может быть либо минимизация времени обучения при фиксированном уровне обученности, либо максимизация уровня обученности при фиксированном времени обучения.

В основе применяемых в настоящее время образовательных технологий в явной или неявной форме чаще всего используется так называемая модель «полного усвоения» [1], в соответствии с которой фиксированным параметром обучения является именно результат, а все другие параметры обучения могут меняться, подстраиваясь под достижение учащимися этого заданного результата. В результате система гарантирует достижение необходимого уровня практически всеми обучающимся.

Для сокращения времени профессиональной адаптации специалиста на рабочем месте в процессе обучения становится целесообразным использовать комплексные автоматизированные обучающие системы (КАОС) подготовки, аттестации и сопровождения профессиональной деятельности соответствующих специалистов [2], [3], учебно-тренировочная и аттестационная часть которых может функционировать в режимах прямого и дистанционного доступа [4].

В основу функционирования учебно-тренировочных средств могут быть положены методики обучения, опирающиеся на интерактивное взаимодействие обучаемого специалиста с имитационными моделями технических систем и/или окружающей среды.

Особое значение для эффективного использования КАОС имеет адекватность используемой в ее основе модели обучения и выработки профессиональных навыков. Процесс освоения новых знаний (умений и навыков) во многом определяется формированием ассоциативных связей между новыми и имеющимися знаниями (умениями и навыками). При этом ранее приобретенные знания характеризуются различной степенью прочности, и чем прочнее приобретенные знания, тем медленнее они забываются. Этот факт приводит к необходимости использования многокомпонентной модели обучения, которая может быть представлена, например, в виде системы уравнений [5]:

$$\frac{dZ_1}{dt} = k\gamma_1 (U - Z) Z^b - k\gamma_2 Z_1 - \eta_1 Z_1,$$

$$\frac{dZ_2}{dt} = k\gamma_2 Z_1 - k\gamma_3 Z_2 - \eta_2 Z_2,$$

$$\frac{dZ_3}{dt} = k\gamma_3 Z_2 - k\gamma_4 Z_3 - \eta_3 Z_3,$$

$$\frac{dZ_4}{dt} = k\gamma_4 Z_3 - \eta_4 Z_4,$$

где U – уровень требований к начальным знаниям; $Z_1, \ldots, Z_4$ – частные уровни знаний от самых непрочных к самым прочным; $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$ – уровень суммарных знаний; $\gamma_1, \ldots, \gamma_4$ – коэффициенты усвоения знаний (коэффициенты, характеризующие скорость перехода знаний из категории $i-1$ в категорию i); $\eta_1, \ldots, \eta_4$ – коэффициенты забывания ($\eta_4 < \eta_3 < \eta_2 < \eta_1$); $b \in [0,1]$ – характеризует степень прироста знаний ученика; k – принимает значение 1, если происходит обучение, и 0 – иначе.

Количество используемых уровней знаний в данной модели можно варьировать в зависимости от предметной области обучения при сохранении общей идеи дифференцированного освоения различных уровней знаний. Экспериментальные оценки параметров показывают значительную дисперсию данных показателей даже среди обычных учебных групп высших учебных заведений. Так, например, в работе [6] полученное экспериментально среднее значение интенсивности забывания для студентов технического вуза при однокомпонентной модели составило $\eta = 25 \cdot 10^{-6}$ ч$^{-1}$. При этом наблюдался значительный разброс оценки, от $1 \cdot 10^{-6}$ до $75 \cdot 10^{-6}$ ч$^{-1}$. Таким образом, наблюдается дифференциация в характеристиках усвоения учебного материала более чем в 70 раз для обучающихся, объединенных в одну группу.

Следовательно, применение к такой группе единой траектории обучения, рассчитанной на гипотетического «среднего» обучающегося, не даст эффективного результата. В последнее время все чаще ставится вопрос о необходимости применения технологии, получившей название «индивидуальная образовательная траектория», которая включает несколько направлений реализации:

1) вариативные учебные планы и образовательные программы, определяющие индивидуальный образовательный маршрут;

2) специальные педагогические технологии;

3) организационный аспект.

Первый и второй пункты автоматизируются в рамках КАОС на основе, например, представленной многокомпонентной модели обучения. КАОС с данной точки зрения является адаптивной системой, в которой уровень знаний учащегося в конечном итоге стремится достичь заданного требованиями системы.

Включение в состав КАОС каналов, учитывающих индивидуальные способности учащегося к обучению, позволяет повысить эффективность учебного процесса за счет оценки степени стресса в процессе обучения – именно в стрессовой ситуации допускается наибольшее количество ошибок. Особенно остро это проявляется в нештатных эксплуатационных ситуациях. Именно при их возникновении проявляются все недостатки в профессиональной подготовке. В условиях дефицита времени для анализа ситуации и выбора решения, а также возникновения чувства повышенной ответственности за результаты деятельности очень часто наблюдается неадекватное поведение персонала, крайние проявления которого характеризуются как «паника» и «ступор».

Применение текущего контроля за изменением функционального состояния человека позволяет существенно повысить эффективность его деятельности, включая и учебно-тренировочный процесс формирования профессиональных навыков, в том числе способность сохранения функционального состояния в условиях повышенных психологических нагрузок. При этом практическая форма реализации контроля в рамках КАОС может осуществляться как без использования приборных систем, так и с их помощью.

Мониторинг изменений состояния обучаемого при выполнении им заданий тренажерной подготовки может использоваться для формирования целост-

ного заключения о степени выработанности профессиональных навыков. Именно этот подход позволяет построить индивидуальную траекторию обучения не только по внешнему контролю правильности действий специалиста, но и на основании данных о так называемой внутренней или функциональной стоимости деятельности специалиста.

В результате использования предложенного подхода предлагается изменить методику оценки качества выработанности профессиональных компетенций в рамках КАОС.

Классический подход к оцениванию результата обучения по наблюдениям за деятельностью специалиста в какой-либо ситуации может быть сведен к критерию качества, близкому к тем, которые используются для характеристик автоматических систем управления.

Например, если в результате выполнения тестового производственного задания специалист должен обеспечить изменение состояния управляемого им объекта от исходного X_0 до конечного состояния X_T вдоль заданной траектории $X^*(t)$, то простейшая оценка точности выполнения заданных действий может быть получена в виде

$$I = \int_0^\infty \left(X^*(t) - X(t) \right) A \left(X^*(t) - X(t) \right)' dt ,$$

где I – интегральная оценка качества выполнения задания; A – выбранная матрица весовых коэффициентов.

Если теперь функциональное состояние обучающегося во время выполнения тестового задания охарактеризовать вектором параметров $Y(t)$, а его функциональное состояние, принятое за норму, $Y^*(t)$, то совокупная оценка качества выполнения задания может быть задана в виде

$$I = \int_0^\infty ((X^*(t) - X(t)) A (X^*(t) - X(t))' +$$

$$+ (Y^*(t) - Y(t)) B (Y^*(t) - Y(t))') dt,$$

где A, B – задаваемые матрицы весовых коэффициентов.

В результате появляется возможность более точно оценивать процесс формирования необходимых профессиональных навыков и принципиально по-новому формировать мотивацию профессионального роста.

Предложенная количественная оценка эффективности выполнения задания может выставить более высокий балл обучающемуся, допустившему незначительные отклонения от заданной траектории, но выполнявшему задание с меньшим психофизиологическим напряжением.

Наиболее часто для целей приборного обнаружения изменения состояния организма человека в настоящее время используются [7]:

– анализ сердечного ритма для диагностики изменений состояния пользователя в моменты развития стрессовых реакций;

– спектральный анализ речи с целью выделения эмоциональных компонентов;

– анализ электромиографии шейных мышц как индикатора функционального состояния;

– оценка уровня концентрации внимания посредством регистрации кожно-гальванической реакции;

– оптическая регистрация движений глаз как индикатора когнитивной деятельности и др.

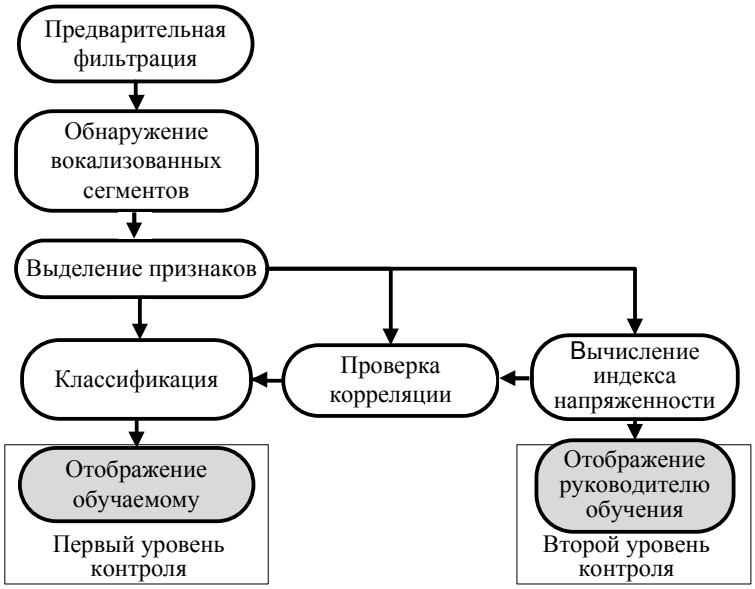
Большинство из перечисленных приборных технологий мониторинга текущего состояния оператора требует использования каких-либо контактных датчиков [7], устанавливаемых на теле обучаемого, что далеко не всегда возможно выполнить без ущерба для основной деятельности. Поэтому для апробации эффективности КАОС с каналом психофизиологического контроля был использован метод контроля голоса [8] как одного из параметров, характеризующих состояние организма обучаемого и, как следствие, характеризующего качество усвоения материала.

Эта возможность использовалась авторами при создании первого уровня системы мониторинга эмоционального состояния обучаемого в рамках КАОС, обобщенная схема работы которой с использованием дополнительных источников информации о качестве усвоения материала приведена на рисунке.

Первый уровень контроля позволяет обучаемому не терять осознанности при управлении своим эмоциональным состоянием, что по своей сути реализует дополнительный канал биологической обратной связи.

Второй уровень КАОС, использующий дополнительные источники информации о качестве усвоения материала, предназначен для использования руководителем обучения. Ему отображаются интегральные данные не только об изменениях эмоционального состояния каждого отдельного обучаемого, но и показатели стрессонапряженности его речи, определяемой в соответствии с методикой, использующей 3 типа характеристик речевого сигнала (просодические, кепстральные, формантные), предложенной в [9].

С целью проверки эффективности КАОС, использующей дополнительные источники информации о качестве усвоения материала, для участия в эксперименте были приглашены 28 добровольцев – мужчины в возрасте от 28 до 40 лет,



профессионально связанные с работой диспетчерских служб на транспорте.

Первоначально в режиме наблюдения за обычной деятельностью указанных добровольцев были собраны данные о статистических характеристиках их голоса, рассчитаны индексы стрессонапряженности их речи в обычных условиях, и вся группа была разделена на две подгруппы по 14 человек каждая таким образом, чтобы средние показатели групп примерно совпадали.

В дальнейшем первая подгруппа выполняла роль контрольной группы и участвовала в эксперименте без применения каких-либо дополнительных приборных систем (информация для диспетчеров была недоступна). Вторая подгруппа работала с включенной системой мониторинга эмоционального состояния диктора в режиме доступности информации о текущем состоянии.

Обе группы выполняли одно и то же задание: в режиме дистанционной радиосвязи диспетчер должен был управлять действиями человека с завязанными глазами по наблюдениям за ним, поступающим с четырех видеокамер, установленных в различных местах. Общение исполнителя и диспетчера происходило по двухсторонней радиосвязи. Задание состояло в переносе различных предметов по лабиринту.

Исполнитель был предварительно специально обучен и проинструктирован на периодическое заведомо неправильное выполнение указаний диспетчера. Общее время работы с одним диспетчером составляло 35…40 мин.

За указанное время в результате своих действий исполнителю удалось 9 из 14 диспетчеров контрольной группы вывести за границу критической области стрессонапряженности.

В подгруппе, пользовавшейся индикатором текущего эмоционального состояния, при идентичных действиях исполнителя достижение критической границы было зафиксировано только у 4 диспетчеров.

Проведенные предварительные эксперименты показали, что использование в процессе деятельности диспетчеров приборной информации об их текущем эмоциональном состоянии существенно повышает эмоциональную устойчивость, что положительно сказывается на результатах их деятельности. Безусловно, исследования в данном направлении следует продолжать для накопления более представительного материала, полученного в режиме реального функционирования. Однако даже полученные данные свидетельствуют о практической перспективности предложенного направления исследований.

Объем проведенных исследований не позволяет делать окончательные выводы, однако полученные результаты наглядно демонстрируют дифференциацию «психофизиологической» стоимости деятельности курсантов при близких оценках внешней результативности деятельности.

Эти результаты дают основание ставить вопрос о необходимости дооснащения и других типов тренажеров и АОС каналами мониторинга функционального состояния обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bloom B. S. All our children learning: a primer for parents, teachers and other educators. New York: Wiley, 1981.

2. Пути повышения эффективности профессиональной подготовки и переподготовки специалистов службы ЭРТОС / С. А. Кудряков, Н. В. Книжниченко, Ю. Б. Остапченко, С. А. Беляев // Бизнес-технологии в

России: теория и практика: материалы междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 2015. С. 33–36.

3. Транспрофессиональная подготовка современных специалистов: миф или реальная необходимость / С. А. Кудряков, Ю. Б. Остапченко, Е. Н. Шаповалов, В. В. Романцев // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. № 8. С. 94–98.

4. Современная концепция комплексной автоматизированной системы профессионального обучения и сопровождения деятельности для специалистов службы эксплуатации радиотехнического оборудования и связи / С. А. Беляев, Ю. Б. Остапченко, С. А. Кудряков, Н. В. Книжниченко, Е. Н. Шаповалов // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. № 10. С. 10–14.

5. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения / Глазов. гос. пед. ин-т. Глазов, 2014. 141 с.

6. Свиридов А. П. Введение в статистическую теорию обучения и контроля знаний: в 2 ч. Ч. II: Элементы статистической динамики знаний / МЭИ. М., 1974. 152 с.

7. Кудряков С. А., Ситников В. Л., Солодухин А. И. Психологические и приборные методы контроля состояния оператора в реальном времени // Человек и транспорт. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во ПГУПС, 2012. С. 184–190.

8. Гнешных А. А., Комарова М. Е., Кудряков С. А. Двухуровневая система мониторинга речи работников диспетчерских служб // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2012. № 1(14). С. 41–48.

9. Yongjin Wang, Ling Guan. Recognizing Human Emotional State From Audiovisual Signals // IEEE Trans. On multimedia. 2008. Vol. 10, № 5. P. 936–945.

Yu. B. Ostapchenko
JSC «SIC SPb THIS»
S. A. Kudryakov
Saint Petersburg state University of civil aviation
S. A. Belyaev
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

BUILD A COMPREHENSIVE AUTOMATED LEARNING SYSTEMS THAT USE ADDITIONAL SOURCES OF INFORMATION ABOUT THE QUALITY OF THE LEARNING

Describes integrated automated training system with using of psychophysiological state assessment tools to improve the quality of learning of new knowledge (and skills). The results of the experiment described, its confirms that the use in the process of operation instrument information about their current emotional state significantly increases emotional stability.

Automated training systems, training, functional state

УДК 681.5.015, 519.876.2

И. А. Хахаев, Е. Н. Шаповалов
АО «Научно-исследовательский институт программных средств»

А. И. Вайнтрауб
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

К. Г. Зиновьев
Космодром «Плесецк»

Сравнительная оценка электронных образовательных ресурсов

Рассматривается задача сравнения разнородных электронных образовательных ресурсов (ЭОР) с целью выбора оптимального решения для поддержки учебного процесса. Описываются свойства, которые могут быть выделены при сравнении, также предлагается методика экспертной оценки указанных свойств. Даются предложения по отображению результатов оценки.

Электронные образовательные ресурсы, качество программных средств, экспертное оценивание

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР), включая платформы для создания систем дистанционного обучения, готовые сервисы (сайты) и мультимедийные комплексы, являются существенной составной частью системы современного образования. Под ЭОР в данном случае пони-