

УДК 629.7

Е. А. Лавров<sup>1</sup>, Н. Л. Барченко<sup>2</sup><sup>1</sup> Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина,  
prof\_lavrov@mail.ru<sup>2</sup> Сумский национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина,  
barchenkonatalia@gmail.com

## АГЕНТ-МЕНЕДЖЕР В СИСТЕМЕ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассмотрена проблема эргономического качества электронных образовательных ресурсов. Предложена технология агента-менеджера, позволяющая на основе анализа особенностей обучаемого, среды и альтернативных сценариев алгоритма обучения генерировать, оценивать и предлагать пользователю варианты диалогового взаимодействия в образовательном пространстве университета. Подход позволяет обеспечить функциональный комфорт обучаемых в условиях жестких временных и ресурсных ограничений.

КАЧЕСТВО, ЭРГОНОМИКА, E-LEARNING, ОБУЧАЮЩАЯ СРЕДА, ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АГЕНТ, ДИАЛОГ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМФОРТ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СЕТЬ, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

### Введение

Последние годы охарактеризованы бумом интереса к использованию систем дистанционного и электронного обучения. Сегодня практически каждый преподаватель вуза каким-нибудь образом задействован в этой сфере, наблюдается всплеск публикаций и конференций на эту тему. Однако практика свидетельствует о больших проблемах с качеством электронных материалов и невысокой оценкой такого обучения студентами, обучающиеся не демонстрируют «симметричного всплеска интереса» к «прогрессивным технологиям». Одной из причин такого состояния дел является частое игнорирование принципов и методов эргономики и, к сожалению, в отличие от традиционных АСУ для систем университетской автоматизации системный подход к управлению эргономическими резервами не выработан, количество электронных ресурсов и средств не переходит в качество.

Одним из наиболее перспективных и продуктивных научных направлений, ставящих задачу обеспечить повышение качества электронного обучения, является направление открытых образовательных модульных мультимедиа-систем [1], однако, вопросы эргономического качества на сегодняшний день остаются открытыми. В связи с наличием упомянутых проблем нами предложено ввести в структуру университетов отделы эргономического обеспечения электронного обучения, которые бы занимались следующими вопросами [2, 3]:

- разработкой эргономических и дизайн-требований к электронным учебным модулям;
- эргономической экспертизой электронных учебных модулей;
- эргономической модернизацией существующих электронных учебных модулей;
- разработкой рекомендаций по обеспечению индивидуальных траекторий обучения;

- разработкой и обеспечением функционирования средств контроля текущих параметров операторов в системе «Студент-обучающая среда»;
- эргономическим проектированием механизмов адаптации обучающей среды к предпочтениям, текущим параметрам и особенностям студента и среды;
- эргономическим обеспечением реализации технологии «агентов»;
- другими.

### 1. Постановка задачи

В условиях большого количества накопившихся альтернативных электронных модулей и возможных технологий работы с ними человек в системе «студент-обучающая среда» испытывает сложности в выборе базового модуля (платформы) и рациональных технологий работы с ним. Проблема особенно актуальна для открытых модульных систем с большим количеством разнообразных вариантов. Задача состоит в разработке подхода к созданию агента, обеспечивающего комфортные условия на рабочем месте и заданный результат обучения.

Агент должен на основе анализа предпочтений и мотивации обучаемого, характеристик электронных учебных модулей, параметров среды (временных, технических, экономических ограничений и т.п.) генерировать, оценивать и предъявлять рациональные стратегии поведения обучаемых.

### 2. Концепция агента-менеджера

#### 2.1. Исходные предпосылки и допущения

Будем рассматривать обучающие системы, характеризующиеся следующими особенностями:

- теоретический курс с модульной системой оценки знаний;
- оценка обучения за модуль производится путем итогового тестового контроля;

- итоговый тестовый контроль проводится однократно;
- модуль может быть разбит на части (подмодули);
- подмодули могут разбиваться на части, соответствующие различным уровням сложности;
- результат усвоения подмодуля может быть проверен обучаемым (самоконтроль);
- количество самоконтролей в общем случае не ограничивается;
- возможно включение элементов диагностики (выявления проблемных (слабоусвоенных) вопросов) с повторным предъявлением отдельных порций учебного материала
- тестовые технологии самоконтроля являются подмножествами технологий зачетного контроля.
- оценивание знаний определяется долей правильных ответов методом использования соответствующих шкал.

## 2.2. Анализ задач агента-менеджера

Для выявления основных задач, которые необходимо возложить на агента-менеджера, нами проведено исследование степени удовлетворенности студентов обучением в системе дистанционного образования.

Главной претензией студентов к существующим средствам электронного обучения (эргономическими дефектами) являются:

- сложность гибкого манипулирования технологией обучения (34,3%);
- низкое соответствие модальности информации стилям пользователя (21,1%);
- низкая возможность варьирования сложностью (12,4%);
- сложность прогнозирования результатов обучения (11,1%);
- слабая приспособленность к работе с мобильными устройствами (10,9%);
- отсутствие технологии самоконтроля и объяснительной компоненты (7,1%);
- другие (3,1%).

В [4] отмечено, что диалоговая система эффективна только тогда, когда обеспечивает то, «что ожидает от нее пользователь». В связи с этим для систем электронного обучения целесообразно обратиться к понятию «функциональный комфорт» (ФК). Согласно [5] ФК – «функциональное состояние человека, занятого трудовым процессом, при котором достигнуто соответствие средств и условий труда функциональным возможностям человека и наблюдается его положительное отношение к работе, что обуславливает адекватную мобилизацию психофизиологических процессов, отдаляет развитие утомляемости, способствует длительной работоспособности без ущерба для здоровья. Психофизиологическим обоснованием ФК служит

продуктивная напряженность, когда при минимальных энергозатратах организма и при высокой результативности деятельности обеспечивается длительная работоспособность человека».

Исходя из этого, задачу можно сформулировать так: «Для заданных технических средств обучения, временных и ресурсных ограничений обеспечить максимум вероятности заданного результата обучения и максимум ФК».

Категория ФК, к сожалению, однозначно формально в литературе применительно к системам электронного обучения практически не определена.

В целях данного исследования выделим составляющие ФК, наиболее актуальные для человека-оператора в системе «студент-обучающая среда»:

- когнитивный ФК;
- темповый ФК;
- сложностный ФК.

Предполагаем следующие механизмы обеспечения ФК:

- для когнитивного ФК – выбор базового учебного модуля (платформы), обеспечивающего максимальную «близость» параметров модуля к параметрам, характеризующим предпочтения оператора (стиль представления информации, уровень интерактивности и т.п.) [6];

- для темпового ФК – механизм, состоящий в постоянном контроле резерва времени для реализации оставшейся части обучения и выборе вариантов продолжения обучения, обеспечивающих своевременное выполнение [7];

- для сложностного ФК – механизм, состоящий в интеллектуальном анализе данных модели обучаемого (история обучения, подготовленность, мотивация).

Таким образом, основную задачу агента можно сформулировать следующим образом:

$$f_k(X) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\beta(X) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$P\{T(X) < T_o\} > \alpha_o, \quad (3)$$

$$S(X) \in S_o, \quad (4)$$

$$X \in X_o, \quad (5)$$

где  $X_o$  – множество альтернативных вариантов сценариев обучения;  $\beta(X)$  – вероятность безошибочного ответа на вопросы тестового контроля;  $T(X)$  – случайная величина времени обучения;  $T_o$  – директивное время обучения;  $\alpha_o$  – минимально допустимая вероятность своевременного завершения обучения;  $f_k(X)$  – степень функционального когнитивного комфорта,  $X$  – вектор, характеризующий вариант сценария обучения:  $X = \{X'; X''\}$ , где  $X'$  – базовый модуль,  $X''$  – сценарий обучения;  $S(X)$  – уровень сложности обучения,  $S_o$  – множество допустимых уровней сложности обучения.

Множество  $X_0$  определяется множеством  $M$  альтернативных обучающих платформ (модулей) и множеством возможных технологий обучения для каждого из  $m_i \in M$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n$  – количество альтернативных модулей. В данной постановке задача принадлежит к классу многокритериальных. Если учесть, что степень функционального когнитивного комфорта определяется в основном выбором типа модуля, можно ввести допущение о независимости  $f_k$  от  $X''$  при выбранном модуле. Тогда (1) можно записать в виде  $f_k(X') \rightarrow \max$ . Такое допущение позволяет поэтапное решение задачи.

*1-й этап.* Выбор базовой обучающей платформы (модуля)  $m_r = \arg \max f_k(X')$ .

*2-й этап.* Выбор сценария обучения (2)-(4) при  $x_{m_r}^* \in X_{m_r}''$ , где  $X_{m_r}''$  – множество возможных технологий для платформы (модуля  $m_r$ ).

$X = \{m_r; x_{m_r}^*\}$  – искомое решение задачи.

### 2.3. Информационное обеспечение

Агент может функционировать в условиях наличия единого информационного пространства вуза [8], включающего:

- Т – развитую транспортную систему доставки учебных материалов и организации диалогового взаимодействия;
- Е – систему баз данных электронных учебных модулей;
- Ме – систему баз данных эргономических моделей электронных учебных модулей и моделей возможного диалогового взаимодействия с ними;
- Мм – систему баз данных и знаний о характеристиках и предпочтениях обучаемых;
- St – систему статистических баз данных о результатах взаимодействия обучаемых с электронными учебными модулями (характеристики случайных величин времени и показателей успешности обучения);
- Im – систему оперативной идентификации и определения характеристик текущего состояния обучаемого;
- Is – систему оперативной идентификации текущего состояния среды.

### 2.4. Принцип функционирования

*Этап 1.* Идентификация обучаемого, определение характеристик модели обучаемого и среды (Im, Is);

*Этап 2.* Выбор из множества альтернативных модулей, отвечающих цели текущего сеанса, множества модулей, соответствующих требованиям системы предпочтений (Me, Mm). Используется модель, основанная на аппарате нечеткой логики [6];

*Этап 3.* Выдача рекомендаций по организации эффективного диалога с выбранным модулем (в цикле по точкам возможного управления диалогом), в т.ч.:

3.1. Генерация альтернативных диалоговых технологий и формирование моделей диалога, включающих элементы обучающих процедур, самоконтроля, коррекции и т.п. (Me). Используется аппарат функциональных сетей (ФС) [9].

3.2. Формирование исходных данных (для оценивания показателей времени и успешности реализации процедур обучения) для отдельных элементов диалоговых процедур (при заданных характеристиках обучаемого, модуля, среды). Для решения задачи аппроксимации при работе с базой St используется аппарат нейронных сетей. При отсутствии (недостаточной полноте) St – экспертное оценивание и нечеткий логический вывод.

3.3. Оценка показателей альтернативных вариантов организации диалога. Используется аппарат ФС [9].

3.4. Рекомендации по выбору варианта организации диалога в текущей точке.

3.5. Переход на 3.1. (Цикл по точкам управления диалогом).

Основные функциональные блоки и принцип работы агента продемонстрированы на рис. 1.

### 2.5 Особенности алгоритма функционирования агента

#### 2.5.1. Генерация сценариев обучения (функциональных структур диалога)

Исходными для генерации вариантов являются базы данных Me и Mm. Принцип генерации – на основе записи системы предикатных уравнений (аргументы – система функциональных возможностей и структур электронных модулей и системы предпочтений пользователя) реализуется процедура логического вывода. Результат – функциональные структуры диалога, описанные на языке функционально-структурной теории эрготехнических систем проф. Губинского А.И. [9]. Схема, демонстрирующая принцип генерации, приведена на рис. 2, а содержательное описание типовых функциональных структур обучения – в табл. 1. Обозначение схем – согласно языку ФС [9].

#### 2.5.2. Процедура поиска оптимального сценария обучения

Задача (2)-(3), (5) решена в [9]. Основным принятым допущением является допущение о неизменности исходных данных (времени и безошибочности реализации элементов алгоритма функционирования).

Для систем электронного обучения такое допущение не может быть принято, поскольку характеристики времени и безошибочности процессов обучения зависят от показателей утомляемости и функционального состояния человека, которые могут изменяться в процессе сеанса работы.

В связи с этим задача корректирования исходных данных и задача выбора оптимального сценария продолжения диалога решается после завершения работы с каждым подмодулем.

### 2.5.3. Прогноз качества обучения

Осуществляется путем применения известных моделей для типовых функциональных структур [9] и редукции алгоритма обучения. Таким образом, агент рассчитывает:

- вероятность безошибочного ответа на вопросы тестового контроля (путем применения шкал оценивания переводится в оценку);
- математическое ожидание и дисперсию времени обучения (для определения вероятности своевременного завершения агент использует допущение о нормальном законе распределения времени).

### 2.5.4. Формирование исходных данных для расчетов

Является одной из основных проблем эргономического моделирования. В данном исследовании не может быть принято допущение о «среднем операторе» [9] – в таком случае вся идея агента потеряла бы смысл. Предлагаемый агент реализует технологию интеллектуального анализа [10-11] данных, накапливаемых в базе данных St.

В случае достаточного количества данных решается задача нейросетевой аппроксимации (на вход подаются параметры обучаемого, модуля,

технических и программных средств, временных ограничений), иначе – реализуется технология нечеткого логического вывода [12-14].

### 2.5.5. Оценка функционального состояния человека – оператора

Может осуществляться программно или аппаратно, некоторые способы такого контроля описаны в [3, 15]

## 3. Апробация

Элементы технологии агента проходят апробацию при изучении курсов «Системы искусственного интеллекта» и «Эргономика» в Сумском государственном университете и «СППР» – в Сумском национальном аграрном университете.

## 4. Выводы и перспективы исследований

Интеллектуальный агент-менеджер, реализующий концепцию нейронно-функциональных сетей [10], позволяет обеспечить при жестких ресурсных и временных ограничениях функциональный комфорт человека и заданный уровень качества обучения, удобен для использования в системах со сформированными базами структурированных электронных модулей, может функционировать в условиях единого информационного пространства

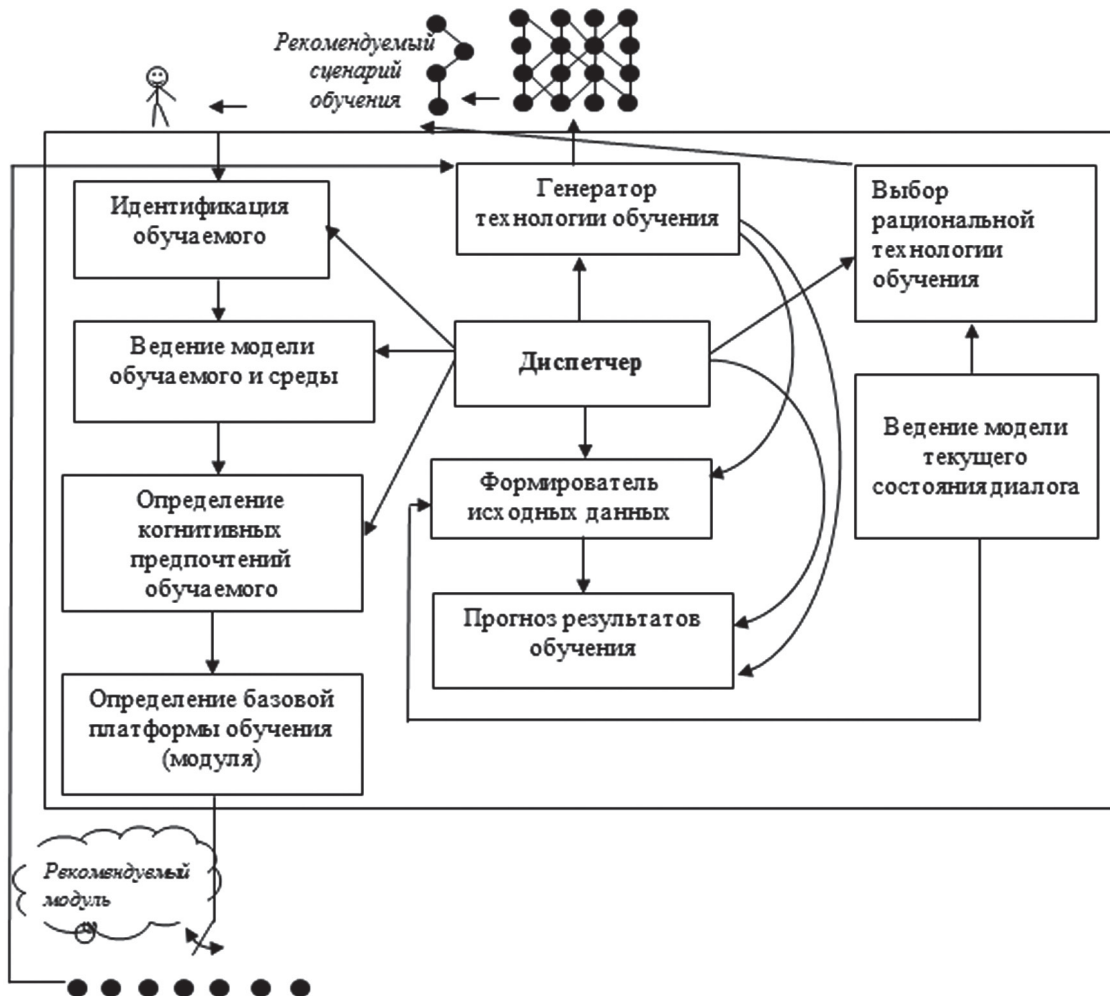


Рис. 1. Основные функциональные блоки и принцип функционирования агента

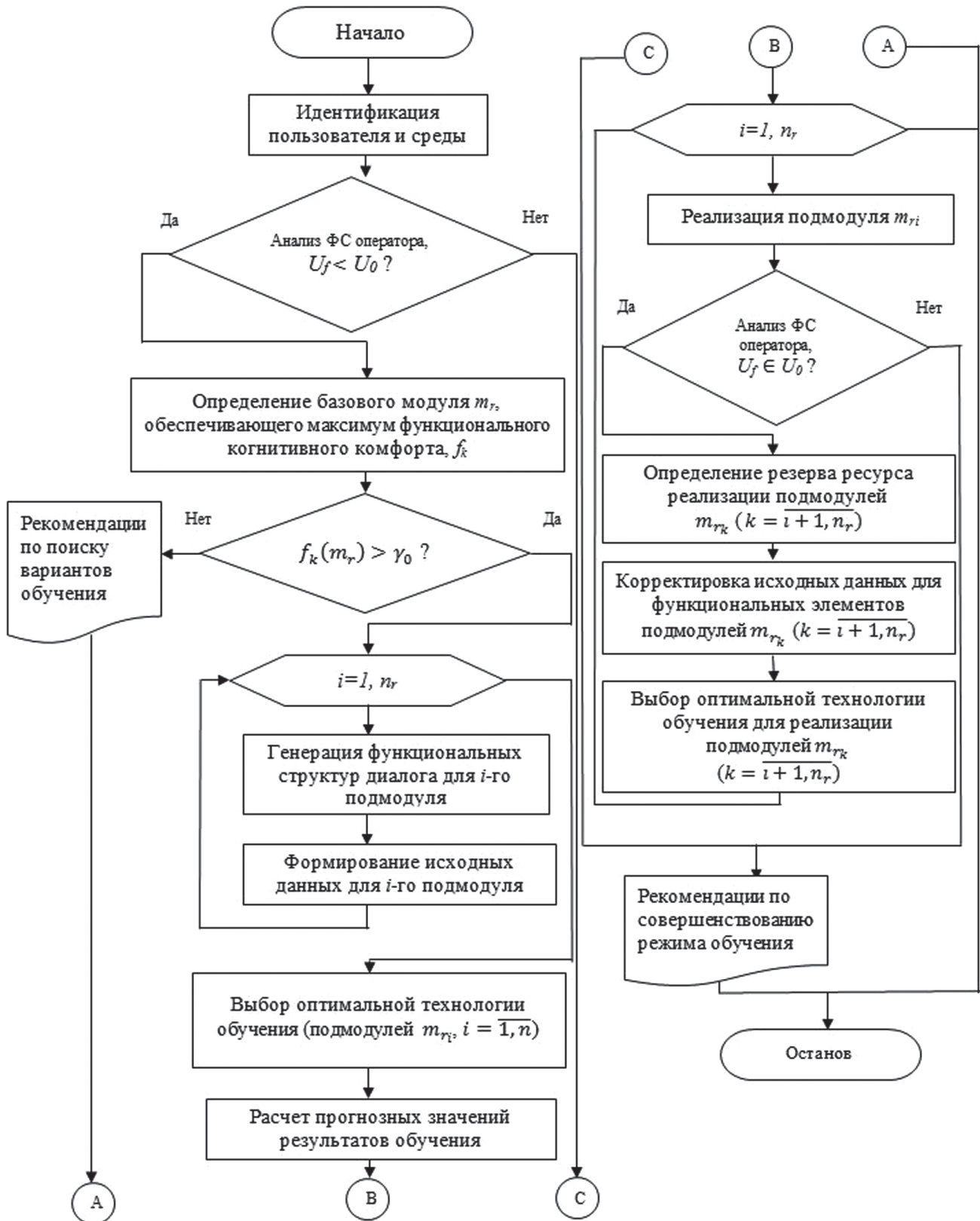


Рис. 2. Схема возможных вариантов (фрагмент) технологий для подмодулей (для структур, помеченных \*, имеются аналоги – СК<sub>12</sub><sup>орп</sup>, СК<sub>13</sub><sup>орп</sup>, СК<sub>15</sub><sup>орп</sup>, СК<sub>16</sub><sup>орп</sup> с ограничением на число циклов, см. табл. 1.)

вуза. В плане дальнейших работ – экспериментальные исследования эффективности технологии, разработка рекомендаций по совершенствованию и методики внедрения в единое информационное образовательное пространство.

**Список литературы:** 1. Осин А.В. Открытые образовательные модульные мультимедиа системы / А.В. Осин – М.: Агентство “Издательский сервис”, 2010. – 328 с. 2. Lavrov E., Organizational Approach to the Ergonomic Examination of E-Learning Modules / E.Lavrov, O. Kupenko, T. Lavryk, N. Barchenko // Informatics in Education. – 2013. – Vol. 12,

Таблица 1

Характеристика типовых структур технологий электронного обучения для подмодулей

Типовая структура	Вариант	Характеристика
Обучение	O <sub>i1</sub>	работа с блоком <i>i</i> -го учебного подмодуля «начальный уровень»
	O <sub>i2</sub>	Работа с блоками <i>i</i> -го учебного подмодуля: -«начальный уровень»; -«средний уровень».
	O <sub>i3</sub>	Работа с блоками <i>i</i> -го учебного подмодуля: -«начальный уровень»; -«средний уровень»; -«высокий уровень».
Самоконтроль	СК <sub>i1</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем без самоконтроля
	СК <sub>i2</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем и повторением обучения в цикле
	СК <sub>i3</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой, доработкой и повторением самоконтроля
	СК <sub>i4</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой и доработкой
	СК <sub>i5</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем, диагностикой, доработкой и повторением обучения и самоконтроля в цикле
	СК <sub>i6</sub>	Работа с <i>i</i> -м учебным подмодулем с самоконтролем и повторением в цикле (в зависимости от количества ошибок) • доработки • или обучения и самоконтроля
	СК <sub>i2</sub> <sup>огр</sup> СК <sub>i3</sub> <sup>огр</sup> СК <sub>i5</sub> <sup>огр</sup> СК <sub>i6</sub> <sup>огр</sup>	Аналогично СК <sub>i2</sub> , СК <sub>i3</sub> , СК <sub>i5</sub> , СК <sub>i6</sub> с ограничением на число циклов

№ 1. – Р. 107-124. **3. Лавров Е.А.** Измерение параметров оператора для систем эргономического обеспечения обучающих сред / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // *Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», №2 (23)* – Суми, 2011. – С. 114-118. **4. Денинг В.** Диалоговые системы “Человек-ЭВМ”. Адаптация к требованиям пользователя / В. Денинг, Г. Эссинг, С. Маас – М.: Мир, 1984. – 112 с. **5. Душков Б.А.** Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности / Б.А. Душков, А.В. Королев, Б.А. Смирнов Словарь. – М.: Мир, 2005. – 848 с. **6. Лавров, Е.А.** Подход к выбору типа диалога для адаптивных обучающих систем «человек-компьютер» на основе анализа предпочтений оператора / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы*

управления. – Харьков, 2009 – 3/4 (39) – С. 45-49. **7 Чабаненко П. П.** Исследование безопасности и эффективности функционирования систем человек-техника эргосетями / П.П. Чабаненко – Акад. воен.-мор. сил им. П. С. Нахимова. – Севастополь: Изд-во Акад. воен.-мор. сил им. П. С. Нахимова, 2012. – 160 с. **8. Лавров Е.А.** Компьютеризация управления вузом / Е.А.Лавров, А.В.Клименко – Сумы: “Довкілля”, 2005. – 307 с. **9.** Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашерев, И.Л. Бердников, Е.А.Лавров и др.; Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с. **10. Лавров Е.А.** Концепция нейронно-функциональных сетей для моделирования человеко-машинного взаимодействия / Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько, Н.Л. Барченко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Математика и кибернетика – фундаментальные и прикладные аспекты.* – Харків, 2007 – 3/6 (27) – 2007. – С. 58-62. **11. Lavrov E.** Intelligence Data Analysis for the Ergonomic Planning of the Human-Machine Systems/ E. Lavrov, N. Pasko, N. Barchenko // *Materials International Scientific Conference “UNITECH ‘06” is organized by the Technical University of Gabrovo under the motto, 24-25 November 2006, Gabrovo, Bulgaria.* – Gabrovo: University Publishing House “V.APRILOV”, 2006. – Т. 1. – Р.р. 437-442. **12. Штовба С.Д.** Моделювання кількісних показників надійності операторської діяльності нечіткими базами знань / С.Д. Штовба // *Системні дослідження та інформаційні технології.* – 2008. – №2. – С. 46-58. **13. Rotshtein A.** Modeling of the Human Operator Reliability with the Aid of the Sugeno Fuzzy Knowledge Base / A. Rotshtein, S. Shtovba // *Automation and Remote Control.* – 2009. – Vol. 70, №1. – Р. 163–169. **14. Reliability Modeling and Optimization Using Fuzzy Logic and Chaos Theory / A. Rotshtein, D. Katielnikov, L. Pustynnik.** // *International Journal of Quality, Statistics, and Reliability.* – 2012. – Vol. 2012 <http://downloads.hindawi.com/journals/ijqsr/2012/847416.pdf>. **15. Протасенко О.Ф.** Функциональное состояние человека-оператора в экстремальных ситуациях. Методы исследования: Учеб. пособие / О.Ф. Протасенко, Г.В. Мигаль. – Х.: Нац. Аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2004. – 32 с.

Поступила в редколлегию 03.07.2013

УДК 629.7

**Агент-менеджер в системі ергономічного забезпечення електронного навчання** / Е.А. Лавров, Н.Л. Барченко // *Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал.* – 2013. – № 2 (81). – С. 115-120.

У статті розглядається інтелектуальний агент-менеджер, який дозволяє забезпечити при часових та ресурсних обмеженнях функціональний комфорт людини та заданий рівень якості навчання.

Л. 2. Бібліогр.: 15 найм.

UDC 629.7

**Agent-manager in the ergonomic support system of the e-learning** / E.A. Lavrov, N.L. Barchenko // *Bionics of Intelligence: Sci. Mag.* – 2013. – № 2 (81). – P. 115-120.

In this article an intelligent agent manager that allows for tight resource and time constraints functional comfort of man and given the quality of learning is considered.

Fig. 2. Ref.: 15 items.