

УДК 004.5; 004.8

Ю.С. ЯКОВЛЕВ*, Л.И. КУРЗАНЦЕВА*

МОДЕЛЬ УЧЕБНОЙ СМАРТ-СИСТЕМЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ И ОЦЕНКА ЕЁ РЕАЛИЗАЦИИ

*Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев, Украина

Анотація. Запропоновано формалізований підхід до оцінки реалізації учбової смарт-системи на етапі проектування з метою визначення доцільності її створення. Представлено модель інформаційно-освітнього смарт-середовища, яка відображає його архітектурно-структурну організацію та функції, що реалізуються. Головними структурними компонентами середовища є учбова смарт-система, смарт-інтерфейс користувача та технічні засоби, що містять стаціонарні комп'ютери, мобільні пристрої, тренажери, датчики та інші компоненти, а також віртуальні засоби різного призначення. Модель середовища базується на сучасних інформаційних технологіях і описана у вигляді кортежів. Розроблено математичні інтерпретації архітектурно-структурних моделей смарт-системи, смарт-інтерфейсу користувача та технічних засобів також у вигляді кортежів. Наведено базові функції смарт-системи і смарт-інтерфейсу. Розроблено два методи: оцінка реалізації смарт-системи, смарт-інтерфейсу та технічних засобів, а також оцінка ефективності смарт-системи при навчанні учнів. Для першого методу розроблено критерії реалізації об'єктів, які проектуються. Вони включають в себе коефіцієнти відповідності, функціональності, комфортності роботи учня та викладача. Особливість першого методу полягає в оцінці кожної з функцій об'єктів за критеріями, подальшому виборі архітектурно-структурних моделей і визначенні їх недоліків з метою поліпшення характеристик. Другий метод дозволяє оцінити якість отриманих знань і вмінь учнів, які отримали конкретну спеціальність з використанням смарт-системи, що аналізується, і призначений для вибору оптимальної системи з ряду альтернативних. Наведено приклади розрахунку оцінок ефективності смарт-системи та умови реалізації смарт-середовища.

Ключові слова: модель інформаційно-освітнього смарт-середовища, учбова смарт-система, смарт-інтерфейс користувача, методи оцінки ефективності учбової смарт-системи.

Аннотация. Предложен формализованный подход к оценке реализации учебной смарт-системы на этапе проектирования с целью определения целесообразности ее создания. Представлена модель информационно-образовательной смарт-среды, отражающая её архитектурно-структурную организацию и реализуемые функции. Главными структурными компонентами среды являются учебная смарт-система, пользовательский смарт-интерфейс и технические средства, содержащие стационарные компьютеры, мобильные устройства, тренажеры, датчики и другие компоненты, а также виртуальные средства различного назначения. Модель среды базируется на современных информационных технологиях и описана в виде кортежей. Разработаны математические интерпретации архитектурно-структурных моделей смарт-системы, пользовательского смарт-интерфейса и технических средств также в виде кортежей. Приведены базовые функции смарт-системы и смарт-интерфейса. Разработаны два метода: оценка реализации смарт-системы, смарт-интерфейса и технических средств, а также оценка эффективности смарт-системы при обучении учащихся. Для первого метода разработаны критерии реализации проектируемых объектов, которые включают в себя коэффициенты соответствия, функциональности, комфортности работы учащегося и преподавателя. Особенность первого метода заключается в оценке каждой из функций объектов по критериям, дальнейшего выбора архитектурно-структурных моделей и определении их недостатков с целью улучшения характеристик. Второй метод позволяет оценить качество полученных знаний и умений учащихся, которые обу-

чились конкретной специальности с использованием анализируемой смарт-системы, и предназначен для выбора оптимальной системы из ряда альтернативных. Приведены примеры расчета оценок эффективности смарт-системы и условия реализации смарт-среды.

Ключевые слова: модель информационно-образовательной смарт-среды, учебная смарт-система, пользовательский смарт-интерфейс, методы оценки эффективности учебной смарт-системы.

Abstract. A formalized approach to evaluate the implementation of smart education system at the design stage to determine the feasibility of its creation is proposed. There was presented a model of information education environment reflecting its architectural and structural organization and the functions it implements. The main structural components of the environment are the smart education system, the user's smart interface and the hardware containing stationary computers, mobile devices, simulators, sensors and other components, as well as virtual tools for various purposes. The environment model is based on modern information technologies and it is described in the form of tuples. Mathematical interpretations of the architectural-structural models of the smart system, the user's smart interface and technical means, also in the form of tuples, have been developed. The basic functions of a smart system and a smart interface are presented. Two methods have been developed: evaluation of the implementation of a smart system, a smart interface and hardware, as well as an assessment of the effectiveness of a smart system when teaching students. For the first method, criteria have been developed for the implementation of the designed objects, which include the coefficients of conformity, functionality, and comfort of a student and teacher. The feature of the first method is to evaluate each of the functions of objects by criteria, further select architectural-structural models, and identify their deficiencies in order to improve characteristics. The second method allows assessing the quality of the knowledge and skills of students who have studied a particular specialty using the analyzed smart systems, and is designed to select the optimal system from a number of alternative ones. Examples of the calculation of smart system performance estimates and conditions for the implementation of the smart environment are given.

Keywords: model of smart information education environment, education smart system, user's smart interface, methods of evaluating the effectiveness of smart education system.

DOI: 10.34121/1028-9763-2019-3-86-100

1. Введение

Потребность в организации взаимосвязи между требованиями работодателей и содержанием образования в школах и высших учебных заведениях привела к формированию парадигмы смарт-образования (Smart education) [1]. Смарт-образование представляет собой мультидисциплинарную клиентоориентированную систему [1] и базируется на смарт-технологиях, которые характеризуются набором свойств, позволяющих адаптировать то или иное устройство к потребностям пользователя.

Целью смарт-технологий является создание виртуальной интегрированной информационно-образовательной смарт-среды на базе искусственного интеллекта и интернета [2, 3], в состав которой входят системы электронного обучения, тренинга и тестирования, а также рабочие места учащихся и преподавателей, что позволяет комплексно и оптимально решать образовательные задачи.

Центральными образующими смарт-среды являются обучающая система нового поколения – смарт-система и пользовательские смарт-интерфейсы, входящие в состав рабочих мест. Смарт-система представляет собой междисциплинарную систему для непрерывного образования (школа, высшее учебное заведение, корпоративное обучение), а смарт-интерфейсы отвечают за эффективность системы, и на них возлагается значительная роль по созданию комфортной смарт-среды для обучения.

Смарт-системы и пользовательские смарт-интерфейсы являются весьма дорогостоящими и длительными проектами. Поэтому возникает необходимость в оценке их целесообразности создания на этапе проектирования, иначе при реализации исполнитель понесет большие стоимостные и временные убытки. Также оценка реализации необходима при выработке стратегии развития смарт-систем и смарт-интерфейсов.

2. Актуальность

На сегодняшний день существует множество методов, технологий, методологий оценки эффективности информационных систем. Все множество методов делят на затратные (оценка осуществляется на основе затраченных ресурсов), прямого результата (оценка прямого измеряемого результата), основанные на оценке идеальности процесса (сравнение с базовым объектом), квалитетические (измерение системы и обработка результатов статистическими, социологическими и экспертными методами) [4]. Каждая из приведенных групп обладает достоинствами и недостатками, а также предпочтительной областью применения.

Однако существующие методы ориентированы на оценку уже работающей информационной системы и не подходят для оценки реализации учебной смарт-системы на этапе проектирования. Также не существует метода оценки эффективности учебной смарт-системы, хотя имеются методы, позволяющие оценить работу дистанционной обучающей системы.

Вышеперечисленное свидетельствует о том, что развитие оценочных аспектов смарт-системы с пользовательским смарт-интерфейсом является актуальным.

3. Цель работы

Целью работы является разработка методов оценки реализации смарт-системы с пользовательским смарт-интерфейсом и оценки эффективности учебной смарт-системы. Первый метод позволит формализовать процесс выбора архитектурно-структурных моделей смарт-системы и смарт-интерфейса в соответствии с предложенными критериями оценки их реализации. Также метод позволит оценить различные информационные учебные системы и пользовательские интерфейсы на соответствие учебным смарт-системам и смарт-интерфейсам. Метод оценки эффективности учебной смарт-системы предназначен для выбора оптимальной системы из ряда альтернативных.

Статья будет полезна разработчикам и пользователям учебных смарт-систем и позволит им сделать оптимальный выбор при решении своих задач.

4. Понятие обучающей смарт-среды

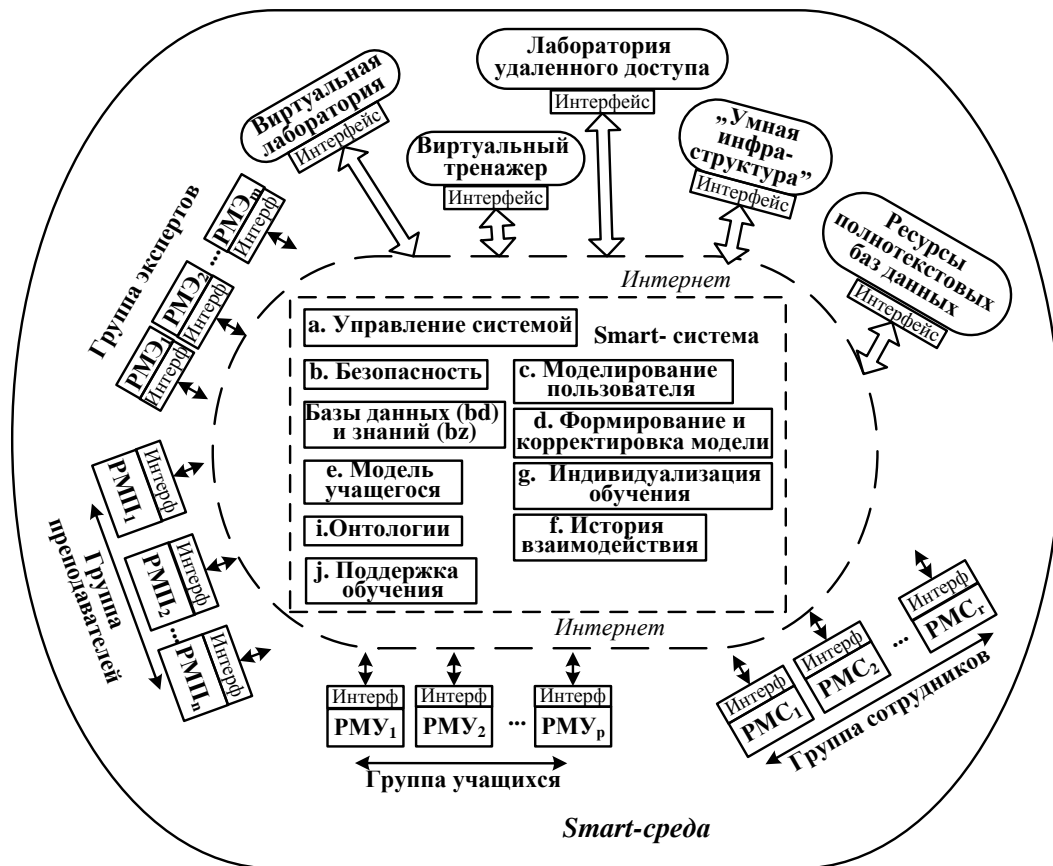
В настоящее время в мире наблюдается потребность в специалистах качественно нового типа, способных не только быстро овладеть знаниями, навыками, умениями и компетенцией, но также обладающих творческим мышлением, помогающим решать нестандартные задачи.

Для обретения таких возможностей будущим специалистам необходимо получать образование в условиях взаимодействия с изменяющейся социальной, экономической и технологической средой. Для создания такого рода условий разрабатываются виртуальные обучающие смарт-среды. Такая среда дает каждому учащемуся возможность не только пройти теоретический курс в соответствии с его возможностями, но и приобрести умения и навыки выбранной специальности в виртуальных лабораториях других вузов, научно-исследовательских институтов и университетов, участвовать в on-line-конференциях, обмениваться опытом.

Основные структурные компоненты смарт-среды представлены на рис. 1 в соответствии с [5–7]. Причем все они могут быть территориально удалены друг от друга.

В состав среды входят смарт-система, рабочие места учащихся, преподавателей, экспертов и сотрудников, виртуальные лаборатории и тренажеры, лаборатория удаленного доступа, электронная библиотека. По мере развития состав смарт-среды будет увеличиваться за счет добавления новых объектов [8], таких, как, например, «умная инфраструктура», которая включает в себя системы видеонаблюдения, электронную пропускную си-

стему, документооборот, библиотеку и читальный зал. Также будет происходить расширение информационных возможностей, которое предполагает совместное использование контента всеми вузами, доступ к международным и республиканским ресурсам.



Обозначения: PMУ – рабочее место учащегося; PMП – рабочее место преподавателя; PMЭ – рабочее место эксперта; PMС – рабочее место сотрудника; Интерф. – интерфейс.

Рисунок 1 – Основные структурные компоненты смарт-среды

Смарт-среда создается на базе множества современных технологий, касающихся различных сфер человеческой деятельности. Условно можно представить обучающую смарт-среду как совокупность трех составляющих: технологической – T_{TH} , организационной – O_{RG} и психолого-педагогической – P_D [2, 3]:

$$S_{SMART} \supset \{T_{TH}, O_{RG}, P_D\}. \quad (1)$$

Технологическая составляющая базируется на информационных смарт-технологиях:

$$T_{TH} \supset \{I_K, I_{NL}, B_{LP}, I_{INT}, I_{HR}, I_{ZD}\}, \quad (2)$$

где I_K – технологии, позволяющие создавать интерактивный, мультимедийный, гипертекстуальный и прочий разнообразный учебный интернет- контент;

I_{NL} – технологии, использующие интеллектуальный анализ данных;

B_{LP} – технологии моделирования пользователя;

I_{INT} – технологии Интернета, позволяющие создавать интегрированную, интеллектуальную обучающую смарт-среду с безграничными возможностями для каждого участника;

I_{HR} – облачные сервисы для долгосрочного хранения больших объемов информации;

I_{ZD} – технологии защиты данных.

Организационная составляющая Smart-среды O_{RG} базируется на технологиях [2, 3], организующих учебный процесс с использованием смарт-технологий:

$$O_{RG} \supset \{U_{MO}, I_V, S_H, T, I_{IZ}\}, \quad (3)$$

где U_{MO} – нормативно-правовая база и учебно-методическое обеспечение учебного процесса на основе смарт-технологий;

I_V – технологии управления обучением и управления контентом;

S_H – технологии формирования индивидуальной траектории обучения;

T – организация педагогической поддержки;

I_{IZ} – организация индивидуального освоения знаний и мониторинга уровня развития обучаемого.

Психолого-педагогическая составляющая smart-среды P_{PP} базируется на технологиях [2], применяемых для достижения необходимых результатов в образовательном процессе с возможностью их применения в смарт-обучении и включает

$$P_{PP} \supset \{R_E, P_M, P_T, I_P, P_E\}, \quad (4)$$

где R_E – совокупность эталонных результатов обучения и воспитания;

P_M – психолого-педагогические методы и технологии, необходимые для достижения целей обучения и воспитания;

P_T – технологии формирования различных тестов для определения характеристик и оценивания знаний;

I_P – индивидуальный подход к личности обучаемого;

P_E – защита от побочных эффектов применения информационных технологий.

С другой стороны, для реализации функций smart-среды должна быть обеспечена аппаратно-программная поддержка. При этом архитектурно-структурную модель smart-среды (M_{SMART}), содержащую смарт-интерфейсы (E_{SM}), смарт-систему (A_{SM}) и технические средства (T_{SM}), можно представить как

$$M_{SMART} \supset \{E_{SM}, A_{SM}, T_{SM}\}. \quad (5)$$

5. Архитектурно-структурная модель смарт-интерфейса

На рис. 2 представлены основные компоненты рабочего места учащегося, включая смарт-интерфейс. Особенностью предлагаемого смарт-интерфейса является гибкая адаптация системы к пользователю и внешней среде, а также пользователя к системе за счет методов и средств интеллектуализации каждой подсистемы и самого интерфейса в целом [5, 6]. Это позволяет создавать комфортную среду для конкретного пользователя за счет датчиков, сенсоров и др. программных и аппаратных средств, которые фиксируют изменения во внешней среде [2]. В табл. 1 приведены базовые функции смарт-интерфейса [5].

В организации рабочего места учащегося (рис. 2) участвуют все подсистемы интерфейса под управлением подсистемы контроля и координации (А) с использованием искусственного интеллекта. Регистрацию /идентификацию пользователя и регламентацию допуска к работе с системой выполняет подсистема регистрации пользователя (В). Поддержку мобильной связи между участниками учебного процесса оказывает подсистема поддержки связи между участниками (С). Все действия пользователя в ходе обучения, как и изменения, происходящие во внешней среде, собираются подсистемой сбора данных об учащемся (Е), обрабатываются и хранятся в подсистеме истории взаимодействий (F). Помощь оказывает подсистема виртуального преподавателя (D). База знаний (BZ) содержит информацию, необходимую для реализации работы подсистем интерфейса, работающих с использованием методов искусственного интеллекта, а база данных (BD) – все данные для работы подсистем интерфейса.

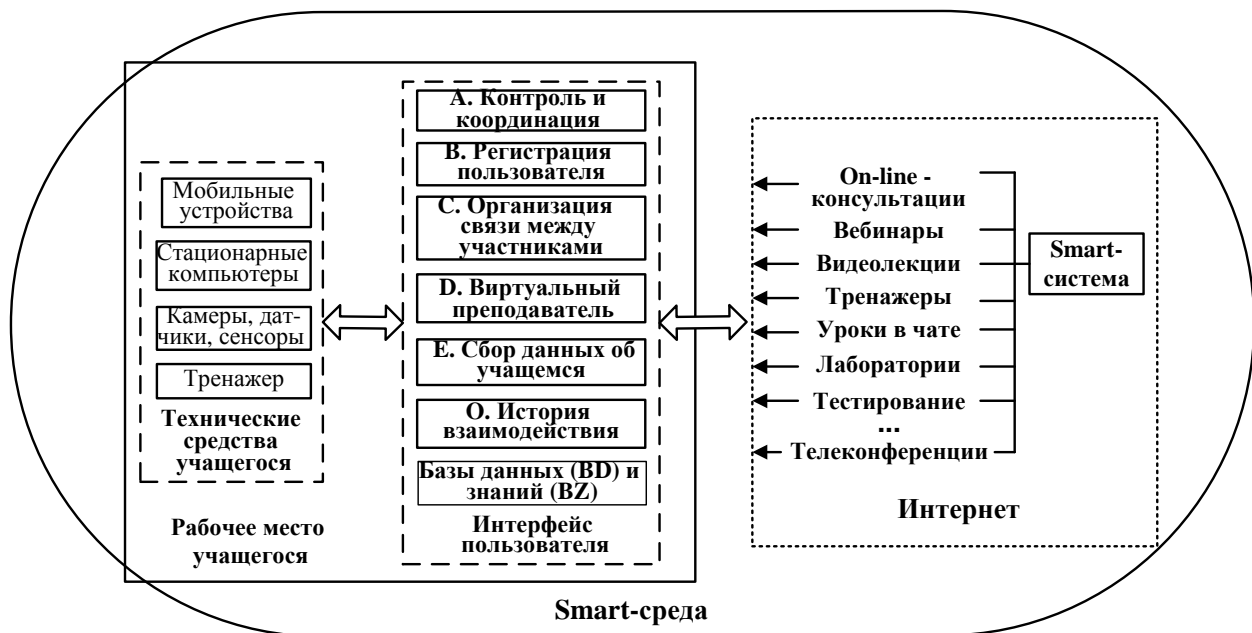


Рисунок 2 – Основные компоненты рабочего место учащегося

Модель смарт-интерфейса можно отобразить в виде

$$E_{SM} \supset \{A; B; C; D; E; O; BZ; BD; WI\}, \quad (6)$$

- где A – подсистемы контроля и координации;
 B – подсистема регистрации пользователя;
 C – связи между участниками;
 D – виртуальный преподаватель;
 E – сбор данных об учащемся;
 O – обработка и хранение в подсистеме истории взаимодействия;
 BZ – база знаний;
 BD – база данных (все данные для работы подсистем интерфейса);
 WI – комплекс связей между узлами и блоками интерфейса.

Таблица 1 – Базовые функции интерфейса обучающей смарт-системы

№	Функции
e_1	Идентификация пользователя (регистрация/проверка пароля)
e_2	Анкетирование и тестирование учащегося (информационная компетентность, успеваемость по дисциплине, психофизиологическое состояние, когнитивные характеристики)
e_3	Настройка ресурсов системы на конкретного пользователя
e_4	Выдача учебного материала учащемуся в соответствии с его индивидуальным уровнем знаний и установленным для него режимом взаимодействия с системой
e_5	Обеспечение интерактивной поддержки в ходе взаимодействия учащегося с системой в соответствии с полученной моделью учащегося
e_6	Сбор и хранение сведений о действиях учащегося в течение сеанса его работы с системой. Измерение реакций учащегося в течение сеанса его работы с системой
e_7	Анализ действий учащегося и корректировка неверных действий
e_8	Установка режимов взаимодействия учащегося с системой и их корректировка
e_9	Возможность прерывать работу учащегося с системой из-за его усталости или для установленного времени на отдых
e_{10}	Предоставление непрерывной связи для организации диалогов с преподавателем, учащимися, экспертами и т.д.
...

e_Q	Обеспечение диагностики поступающей информации для выявления вирусов и т.д. для безопасности системы
-------	--

Также модель смарт-интерфейса E_{SM} можно представить как совокупность его базовых функций:

$$E_{SM} = \{ e_1, e_2, e_3, \dots, e_Q \}. \quad (7)$$

Каждую из этих функций можно представить двояко. Для примера рассмотрим функцию e_1 из табл. 1. С одной стороны, она выполняется компонентами смарт-интерфейса и может быть выражена как

$$e_1 = \varphi(E_{SM}) = \varphi \{ A, B, E, BD, WI \}. \quad (8)$$

С другой стороны, каждая функция выполняется на базе технологий смарт-среды:

$$e_1 = \psi(S_{SMART}) = \psi(T_{TH}, O_{RG}, P_D). \quad (9)$$

6. Архитектурно-структурная модель технических средств

Технические средства смарт-среды описываются выражением

$$T_{SM} \supset \{ M; TR; CK; KDS; BL; BT; LD \}, \quad (10)$$

где TR – тренажеры;

CK – стационарные компьютеры;

KDS – камеры, датчики, сенсоры и др.;

M – мобильные устройства;

BL – виртуальные лаборатории;

BT – виртуальные тренажеры;

LD – лаборатории удаленного доступа.

Каждое устройство обладает своим набором функций:

$$\left\{ \begin{array}{l} TR = \{ tr_1, tr_2, tr_3, \dots, tr_a \} \\ CK = \{ ck_1, ck_2, ck_3, \dots, ck_f \} \\ \dots \dots \dots \\ LD = \{ ld_1, ld_2, ld_3, \dots, ld_c \} \end{array} \right. \quad (11)$$

Тогда

$$T_{SM} = \{ tr_1, tr_2, \dots, tr_a, ck_1, ck_2, \dots, ck_f, \dots, ld_1, ld_2, \dots, ld_c \}. \quad (12)$$

Каждую из этих функций, так же, как и в случае со смарт-интерфейсом, можно представить с двух сторон. С одной стороны, она выполняется компонентами технического устройства и может быть выражена как

$$tr_2 = \beta(T_{SM}). \quad (13)$$

А с другой стороны, каждая функция выполняется на базе технологий смарт-среды:

$$tr_2 = v(S_{SMART}) = v(T_{TH}, O_{RG}, P_D). \quad (14)$$

7. Архитектурно-структурная модель смарт-системы

Смарт-система предоставляет учащимся теоретические знания с последующим контролем их усвоения. Она также обеспечивает территориально и аппаратно независимый доступ к

процессу обучения; индивидуализацию обучения; привлечение в учебный процесс экспертов. Закрепление полученных теоретических знаний путем формирования практических навыков при выполнении лабораторных и практических работ, а также курсовое и дипломное проектирование. Исследовательская деятельность осуществляется на реальном оборудовании путем интеграции в состав smart-системы удаленных виртуальных лабораторий, тренажеров.

На рис. 1 изображены основные компоненты обучающей smart-системы, а в табл. 2 представлены ее базовые функции [5]. При этом каждая подсистема smart-системы содержит определенный уровень интеллектуализации. Все подсистемы управляются непосредственно подсистемой управления системой (а) базой знаний (bz).

Подсистема безопасности (b) обеспечивает диагностику поступающей информации и выявляет вирусы. Подсистема моделирования пользователя по полученным результатам определяет тип модели учащегося и ее параметров, формирует и корректирует модель учащегося (с, d). Также создает психологический портрет учащегося и моделирует результаты его будущего обучения. Модель учащегося (e) содержит информацию об учащемся (Ф.И.О., образование, уровень знаний и т.д.), его индивидуальные потребности и предпочтения, ресурсы (сервисы) и способы их управлением и отображением.

Подсистема индивидуализации обучения (g) создает индивидуальную траекторию обучения дисциплине конкретного учащегося, формирует и корректирует индивидуальную онтологию курса (i), наполняет ее учебными материалами, формирует программы по работе с удаленными системами для приобретения практических навыков и умений. Осуществляется выбор параметров сбора информации о пользователе в процессе обучения.

Таблица 2 – Базовые функции smart-системы

№	Функции
a_1	Организация процесса обучения
a_2	Анализ результатов тестирования и наблюдений за учащимся в процессе работы с системой для создания модели пользователя и последующей ее корректировки
a_3	Формирование модели пользователя и ее хранение
a_4	Формирование индивидуальной траектории обучения учащегося данной дисциплине (план) и ее корректировка в зависимости от полученного им уровня знаний
a_5	Инструментарий для создания онтологии предметной области и работы с ней
a_6	Управление учебным материалом
a_7	Система самооценки учащегося и контроля усвоения знаний
a_8	Наличие аналитического инструментария для анализа данных с целью оптимизации процесса обучения и его персонификации (создание психологического портрета, определение возможных ошибок при обучении и т.д.). Диагностика ошибок учащегося и выявление недостающих и ошибочных знаний, приведших к возникновению ошибок
a_9	Оказание помощи учащемуся и преподавателю при работе с системой
a_{10}	Наличие функций: форумы, чаты, анализ активности учащихся и т.д.

a_V	Безопасность системы

Подсистема поддержки обучения (j) обеспечивает возможность работы со всеми учебными объектами в рамках индивидуальной онтологии курса: выдача учебного материала (лекции, практические и лабораторные работы), осуществление промежуточного и окончательного контроля, а также самоконтроля индивидуальной программы обучения, проведение вебинаров, видеолекций, on-line консультаций с преподавателями, занятий с групповыми дискуссиями, в том числе с участием экспертов.

Smart-систему можно описать выражением, включая узлы и блоки, а также взаимосвязи внутри smart-системы (k):

$$A_{SM} \supset \{a; b; c; d; e; f; g; i; j; k\}, \quad (15)$$

где a – управление системой;

b – безопасность;

c – моделирование пользователя;

d – базы данных и знаний;

e – модель учащегося;

f – формирование и корректировка модели;

g – индивидуализация обучения;

i – онтологии;

j – поддержка обучения;

k – связи между узлами и блоками внутри смарт-системы.

Так же, как и в случае со смарт-интерфейсом, каждую из этих функций можно представить различными способами. Для примера рассмотрим функцию a_3 из табл. 2. С одной стороны, она выполняется компонентами смарт-системы и может быть выражена как

$$a_3 = \eta(A_{SM}) = \{a, b, c, d, e, f, k\}. \quad (16)$$

С другой стороны, каждая функция выполняется на базе технологий смарт-среды:

$$a_3 = w(S_{SMART}) = w(T_{TH}, O_{RG}, P_D). \quad (17)$$

8. Оценка реализации смарт-системы, смарт-интерфейса и технических средств

Для получения объективной оценки реализации обучающей смарт-системы RA_{SM} , смарт-интерфейса RE_{SM} и технических средств RT_{SM} на этапе проектирования предлагается учесть следующие факторы [9]: применение новейших технологий, составляющих смарт-среду (2–4), возможность комплексной реализации функций процесса обучения, максимальное удовлетворение требований учащегося и преподавателя. Для этого необходимо установить следующие критерии реализации этих объектов:

– коэффициент соответствия, который показывает, насколько анализируемая функция устройства или системы использует технологии смарт-среды;

– коэффициент функциональности, который позволяет оценить, насколько анализируемая функция устройства или системы выполняется в рамках процесса обучения;

– коэффициент комфортности работы учащегося, который показывает, насколько данный объект удовлетворяет требованиям учащегося;

– коэффициент комфортности работы преподавателя, который показывает, насколько устройство или система удовлетворяет требованиям преподавателя.

Таким образом, коэффициент реализации обучающей смарт-системы RA_{SM} можно выразить следующим образом:

$$RA_{SM} = \frac{\left(\sum_{g=1}^V (kAI_g) \times (kAF_g) \right)}{V} + kAU + kAT, \quad (18)$$

где kAI_g – коэффициент соответствия g -й функции обучающей системы;

kAF_g – коэффициент функциональности g -й функции обучающей системы;

kAU – коэффициент комфортности работы учащегося с системой;

kAT – коэффициент комфортности работы преподавателя с системой;

V – количество функций системы.

Пример расчета данного коэффициента приведен в табл. 3.

Коэффициент реализации смарт-интерфейса PE_{SM} можно представить в виде

$$RE_{SM} = \frac{\left(\sum_{d=1}^Q (kEI_d) \times (kEF_d) \right)}{Q} + kEU + kET, \quad (19)$$

где kEI_d – коэффициент соответствия d -й функции пользовательского интерфейса;

kEF_d – коэффициент функциональности d -й функции пользовательского интерфейса;

Q – количество функций интерфейса;

kEU – коэффициент комфортности работы учащегося с пользовательским интерфейсом;

kET – коэффициент комфортности работы преподавателя с пользовательским интерфейсом.

Коэффициент реализации технических средств RT_{SM} можно представить в виде суммы коэффициентов всех составляющих технических средств смарт-среды:

$$RT_{SM} = RTR + RCK + \dots + RLD. \quad (20)$$

$$RT_{SM} = \left[\frac{\left(\sum_{h=1}^A kTRI_h \times (kTRF_h) \right)}{A} + kTRU + kTRT \right] + \left[\frac{\left(\sum_{\sigma=1}^F kCKI_{\sigma} \times (kCKF_{\sigma}) \right)}{F} + kCKU + kCKT \right] + \dots$$

$$+ \left[\frac{\left(\sum_{\lambda=1}^C kLDI_{\lambda} \times (kLDF_{\lambda}) \right)}{C} + kLDU + kLDT \right],$$

где kTR_h – коэффициент соответствия h -й функции тренажера;

$kTRF_h$ – коэффициент функциональности h -й функции тренажера;

A – количество функций тренажера;

$kTRU$ – коэффициент комфортности работы учащегося с тренажером;

$kTRT$ – коэффициент комфортности работы преподавателя с тренажером.

$kCKI_{\sigma}$ – коэффициент соответствия σ -й функции компьютера;

$kCKF_{\sigma}$ – коэффициент функциональности σ -й функции компьютера;

F – количество функций компьютера;

$kCKU$ – коэффициент комфортности работы учащегося с компьютером;

$kCKT$ – коэффициент комфортности работы преподавателя с компьютером.

$kLDI_{\lambda}$ – коэффициент соответствия λ -й функции лаборатории удаленного доступа;

$kLDF_{\lambda}$ – коэффициент функциональности λ -й функции лаборатории удаленного доступа;

C – количество функций лаборатории удаленного доступа;

$kLDU$ – коэффициент комфортности работы учащегося с лабораторией удаленного доступа;

$kLDT$ – коэффициент комфортности работы преподавателя с лабораторией удаленного доступа.

Тогда коэффициент реализации смарт-среды можно выразить как

$$RM_{SMART} = RE_{SM} + RA_{SM} + RT_{SM}. \quad (21)$$

Значения коэффициентов реализации смарт-системы, смарт-интерфейса и технических средств определяется экспертом. Если полученный коэффициент реализации системы RA_{SM} будет выше минимального значения $RA_{SM} \min$, то это будет означать, что спроектирована эффективная обучающая смарт-система, которая может быть реализована. Если RA_{SM} будет ниже минимального значения $RA_{SM} \min$, то это будет свидетельствовать о необходимости изменений в архитектурно-структурной модели системы и тем самым исключит затраты на изготовление неэффективной системы. Также в процессе оценивания можно определить принадлежность системы к смарт-системе (использование смарт-технологий при разработке учебной системы). Неудовлетворительные значения показателей kAI и kAF свидетельствуют о необходимости архитектурно-структурных изменений.

Такие же выводы можно сделать при оценке реализации смарт-интерфейсов и технических средств.

9. Оценка эффективности смарт-системы при обучении учащихся

Оценка эффективности любой дистанционной обучающей системы зависит от количества учащихся, обучившихся конкретной специальности, и качества полученных ими знаний. При этом необходим учет многих факторов, таких как объем усвоенных знаний; скорость усвоения учебного материала; прочность и точность усвоения; количество времени на получение и закрепление профессиональных навыков, умений, овладение приемами работы на компьютере и в телекоммуникационной среде; новыми формами учебной работы (написание рефератов, проектная деятельность и пр.) и пр.

Для примера определим критерий эффективности обучающей системы GPF только на базе одного фактора из вышеприведенного ряда, а именно точности усвоения знаний, умений и навыков учащимися, получившими конкретную специальность.

Тогда из [10] эффективность обучения U рассматривается как точность усвоения, приходящаяся на единицу времени выполнения обучающимся контрольного задания:

$$U = \frac{b}{t}, \quad (22)$$

где t – индивидуальное время выполнения задания;

b – точность усвоения, определяемая количеством правильно выполненных пунктов в контрольном задании.

Но на разных занятиях выполняются задания разной сложности и сравнивать их эффективность между собой нельзя. Для этого вводится идеальная эффективность W [10].

$$W = \frac{B}{t_e}, \quad (23)$$

где t_e – наименьшее (идеальное) время, необходимое на выполнение контрольного задания, устанавливаемое с помощью независимых экспертов или же преподавателем по лучшей работе учащихся;

B – количество пунктов в задании.

Коэффициент эффективности G выполнения учащимся одного контрольного задания (теста) рассматривается как частное от деления эффективности обучения на идеальную эффективность [10]:

$$G = \frac{U}{W}. \quad (24)$$

Однако формулы (1, 3) не показывают индивидуальные возможности учащегося. Для их учета добавляем в (22) коэффициент индивидуальности. Тогда эффективность обучения US равна

$$US = \frac{k_{ind} \times (b)}{t}, \quad (25)$$

где k_{ind} – коэффициент индивидуальности, определяющий степень учета личностных особенностей обучающихся, уровень их теоретической и практической подготовки, а также собственных возможностей к обучению данному предмету. Причем этот коэффициент – величина переменная, изменяющаяся с приобретением опыта. Он представляет собой

$$k_{ind} = \frac{\sum_{j=1}^M h_j}{M}, \quad (26)$$

где h – критерии, показывающие степень учета личностных особенностей, определяются по тестам и корректируются преподавателем в пределах $0 \div 1$;

M – количество критериев.

Коэффициент эффективности GS выполнения одним учащимся одного контрольного задания (теста) с учетом коэффициента индивидуальности:

$$GS = \frac{US}{W} = \frac{k_{ind} \times (b) \times (t_e)}{(B) \times (t)}. \quad (27)$$

Видно, что чем ближе значение коэффициента к единице, тем большая эффективность достигнута в процессе выполнения одного контрольного задания.

Тогда коэффициент эффективности обучения GP одного учащегося по всем предметам определенной специальности:

$$GP = \left[\left(\sum_{r=1}^L GL_r \right) / L \right] = \left[\sum_{r=1}^L \left[\left(\sum_{l=1}^R GS_l \right) : R \right] / L \right], \quad (28)$$

где GL_r – коэффициент эффективности обучения одного учащегося по одному предмету;

R – количество тестов, заданий и пр. по данному предмету;

L – количество предметов по данной специальности.

Пример расчета данного коэффициента приведен в табл. 4.

Критерий эффективности обучения GPF всех студентов, получивших данную специальность:

$$GPF = \frac{F_o}{F} \times \frac{\sum_{b=1}^N GP_b}{N}, \quad (29)$$

где F – число студентов, поступивших обучаться определенной специальности;

F_o – число обучающихся, которые получили данную специальность;

GP – критерий усвоения (учебного материала, формирования профессиональных навыков и умений, информационной компетентности и пр.);

N – количество критериев.

10. Примеры расчета оценок эффективности смарт-системы

Рассмотрим в качестве примеров расчет коэффициента реализации смарт-системы RA_{SM} (табл. 3) и коэффициента эффективности обучения GP для отдельного учащегося по всем предметам определенной специальности (табл. 4).

Исходные данные табл. 3

Пусть данная смарт-система выполняет всего три функции ($V = 3$). Максимальное значение экспертной оценки для всех коэффициентов установлено 10, а $RA_{SM} \min = 50$. Далее экспертами был проведен анализ работы функций смарт-системы, определены значения коэффициента соответствия g -й функции обучающей системы kAI_g , функциональности g -й функции обучающей системы kAF_g , коэффициента комфортности работы учащегося с системой kAU и коэффициент комфортности работы преподавателя с системой kAT . Эти значения коэффициентов и расчета RA_{SM} по формуле (18) приведены в таблице. Полученный результат ($RA_{SM} = 46,67$) меньше $RA_{SM} \min$, что свидетельствует о необходимости архитектурно-структурных изменений.

Таблица 3 – Пример расчета оценки реализации смарт-системы RA_{SM}

g	kAI_g	kAF_g	kAU	kAT	V	RA_{SM}
1	5	3	5	6	3	46,67
2	10	6				
3	4	8				

Таблица 4 – Пример коэффициента эффективности обучения GP отдельного учащегося по всем предметам определенной специальности

B (nm)	b (nm)	$t=t_e$ (мин)	M	j	hj	k_{ind}	GS	R	l	GS_l	L	r	GL_r	GP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	10	30	3	1	0,8	0,76	0,51	3	1	0,51	3	1	0,63	0,68
				2	0,9				2	0,67		2	0,71	
				3	0,6				3	0,72		3	0,69	

Исходные данные табл. 4

Для упрощения расчетов примем, что в каждом из заданий будет 15 пунктов (столб. 1), а учащийся в каждом из заданий выполнит правильно только 10 (столб. 2) из них. Наименьшее время на выполнение каждого задания будет 30 минут, и учащийся затратит тоже 30 минут (столб. 3). Также установим $GP_{\min} = 0,5$. Результаты GP , выше этого значения, свидетельствуют об эффективности обучения отдельного учащегося данной специальности с помощью данной смарт-системы, ниже – о необходимости архитектурно-структурных изменений в системе.

Пусть будет 3 критерия (столб. 4) и установлены их значения hj (столб. 6) для расчета коэффициента индивидуальности учащегося: степень учета личностных особенностей, уровень теоретической и практической подготовки, возможность к обучению данному предмету. Значения k_{ind} (столб. 7) и GS (столб. 8) получены по формулам (26), (27). Для расчета коэффициента эффективности обучения GP (столб. 15) одного учащегося по всем предметам определенной специальности необходимы количество тестов, заданий по данному предмету – R (столб. 9) и количество предметов по данной специальности – L

(столб. 12). Пусть предметов по данной специальности будет 3, а количество заданий по каждому из них – 3. Также для упрощения расчетов примем, что по каждому из 3 заданий коэффициенты эффективности выполнения одним учащимся GS_i будут разные (столб. 11) и точно также будет для каждого из 3 предметов GL_r (столб. 14). Полученный результат свидетельствует об эффективности обучения отдельного учащегося, поскольку он выше 0,5.

11. Условия реализации смарт-среды [11, 12]

Информационно-технологическая поддержка обучающей смарт-среды может быть реализована с использованием:

- нейроагентов для сбора и обработки информации;
- компетентностно-ориентированности образования;
- систематизации изменения технической архитектуры и внедрения смарт-устройств в учебный процесс;
- инструментов самодиагностики образовательной среды для обеспечения стабильного функционирования всех элементов образовательной среды как аппаратной части, так и контента;
- межплатформенного подхода и использования программного обеспечения для организации учебного процесса, адаптивного ко всем существующим операционным системам;
- высокой скорости обновления образовательного контента за счет использования микромодулей, возможности обновления контента с различных устройств;
- инструментов разработки образовательного контента, предоставляющих возможность создавать объекты в форматах устройств, используемых в интегрированной интеллектуальной среде;
- анимаций на базе технологии Flash, разработки мобильных приложений и медиа-сервисов;
- образовательного инжиниринга и глобальных сетевых технологий;
- управления знаниями (Knowledge Management) и мобильной версии LMS (Learning Management System);
- интеллектуальных систем поддержки решений (Intelligent DSS);
- систем бизнес-интеллекта (BI – Business Intelligence);
- управления изменениями и реинжиниринга бизнеса;
- менеджмента, ориентированного на потребителя (CRM-системы – Customer Relationship Management);
- когнитивного анализа и моделирования ситуаций при управлении слабоструктурированными объектами и средами;
- управления архитектурой вуза (EAMU – Enterprise Architecture Management University).

12. Выводы

Таким образом, предложена модель обучающей смарт-среды как с функциональной точки, та и с точки зрения аппаратной поддержки, главными компонентами которой являются смарт-система, смарт-интерфейс и технические средства, содержащие стационарные компьютеры, мобильные устройства, тренажеры, датчики и другие компоненты, а также виртуальные средства различного назначения.

Разработаны метод оценки реализации смарт-системы с пользовательским смарт-интерфейсом и технических средств, входящих в состав смарт-среды, и метод оценки эф-

фективности учебной smart-системы. Первый метод позволяет осуществить оценивание на этапе проектирования, что существенно снизит трудозатраты при реализации smart-системы и пользовательского smart-интерфейса. В основе метода лежит формализованный подход к выбору архитектурно-структурной модели системы и интерфейса в соответствии с предложенными критериями реализации. Особенность подхода заключается в оценке каждой из функций проектируемых объектов по критериям и дальнейшем анализе и выделении недостатков объектов с целью улучшения их характеристик. Также в процессе оценивания можно определить принадлежность системы к smart-системе, а интерфейса – к smart-интерфейсу. Нереализованные требования учащегося и преподавателя также свидетельствуют о необходимости архитектурно-структурных изменений моделей объектов.

Оценка эффективности любой дистанционной обучающей системы зависит от количества учащихся, обучившихся конкретной специальности, и качества полученных ими знаний. Метод основан на учете таких факторов, как объем усвоенных знаний; скорость усвоения учебного материала; прочность и точность усвоения; количество времени на получение и закрепление профессиональных навыков, умений, овладение приемами работы на компьютере и в телекоммуникационной среде; новыми формами учебной работы и пр. Метод предназначен для выбора оптимальной системы из ряда альтернативных.

Приведены условия реализации smart-среды. Большое значение имеет математическая интерпретация модели smart-среды, которая определяет совокупность узлов и блоков smart-системы совместно с интерфейсами и реализуемыми функциями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тельнов Ю.Ф., Ипатова Э.Р. Технологии smart-обучения для реализации инновационных образовательных проектов. *Открытое образование*. 2011. № 3. С. 56–62. URL: <http://www.library.fa.ru/files/Telnov.pdf>.
2. Днепровская Н.В., Янковская Е.А. Ключевые понятия концепции smart-образования. URL: <https://ukros.ru/wp-content/uploads/2015/08/Днепровская.doc>.
3. Днепровская Н.В., Янковская Е.А., Шевцова И.В. Понятийные основы концепции smart-образования. URL: <https://openedu.rea.ru/jour/article/download/65/67>.
4. Волков И., Денисов А. Оценка эффективности информационных систем. Часть 2. Понятие эффективности, современные методы оценки. URL: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-otcenka_efektivnosti_2/1-otcenka_efektivnosti_2-pdf.
5. Яковлев Ю.С., Курзанцева Л.И. Основные функции и состав обучающей smart-системы и пользовательского интерфейса. *Математичні машини і системи*. 2018. № 2. С. 56–71.
6. Яковлев Ю.С., Курзанцева Л.И. О применении Smart-интерфейса для обучающих систем. *Сучасна інформатика: проблеми, досягнення та перспективи розвитку*: тези доповідей Міжнар. наук. конф., присвяченої 60-річчю заснування Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Київ, 2017. С. 241–243.
7. Яковлев Ю.С. О виртуализации рабочих мест и их компонентов при построении компьютерных систем и сетей. *Управляющие системы и машины*. 2017. № 3. С. 44–56.
8. Сизова О. Знакомьтесь: Smart-университет. URL: <https://dknews.kz/in-the-newspaper/55772-znakomtes-smart-universitet.html>.
9. Чернилевский Д.В. Приложение 1. Критерии эффективности педтехнологий. URL: http://www2.asu.ru/cppkp/index.files/ucheb.files/innov/Part2/pr/pril_1.html.
10. Курапова Т. Ю. Критерии успешности обучения учащихся общеобразовательных школ. URL: <https://moluch.ru/conf/psy/archive/32/1092/>.
11. Smart-технологии в высшем образовании. URL: <http://www.library.fa.ru/exhib.asp?id=199>.
12. Селянская Г. Smart-университет – ответ на вызовы новой промышленной революции. URL: https://www.researchgate.net/publication/305096773_SMART-universitet_otvet_na_vyzovy_novoj_promyslennoj_revologii.

Стаття надійшла до редакції 03.06.2019