

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

УДК 004.588

DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-4-139-146

Оригинальная статья / Original Paper

Оценка результативности использования интеллектуальной адаптивной системы обучения проектированию модулей на основе печатных плат

К. К. Хоанг¹, Ю.В. Донецкая²

¹Верфь X52,

¹провинция Бинь Зьонг, г. Зиан, ул. Кай Заце 15/2, Вьетнам,

²Национальный исследовательский университет ИТМО,

²197101, Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, 49, Россия

Резюме. Цель. Целью исследования является обоснование алгоритма и математических моделей системы оценки результативности обучения в интеллектуальной адаптивной системе. Решается проблема выбора адекватной оценки уровня полученных знаний и навыков при проектировании модулей на основе печатных плат (ПП) в САПР ПП. Рассматривается вопрос оценки результативности использования интеллектуальной адаптивной системы обучения, являющейся основополагающим критерием эффективности процесса обучения проектированию ПП. **Метод.** Раскрыты параметры, алгоритм и закономерности построения интеллектуальных адаптивных систем обучения проектированию модулей на основе ПП судовых интегрированных систем управления. **Результат.** Приведен пример интеллектуальной адаптивной системы обучения проектированию модулей на основе ПП, позволяющей проводить оценку результативности. Выделены целевые показатели результативности обучения проектированию модулей на основе ПП. Полнофункциональный алгоритм оценки результативности обучения проектированию модулей на основе ПП в интеллектуальных адаптивных системах определен по шагу технологических операций для обеспечения единства контроля качества обучения. Предложен подход к реализации оценки результативности использования интеллектуальной адаптивной системы обучения проектированию модулей на основе ПП. **Вывод.** Результаты исследования могут быть полезны для преподавателей и обучаемых-специалистов, а также применяться на этапе оценки достижимых характеристик, что может существенно ускорить процесс обучения. Рекомендуемая методика применялась в обучении проектированию ПП персонала верфи X52 Вьетнама. Методика применима не только для обучения персонала верфью, но и для разного уровня подготовки персонала промышленного предприятия, например в авиастроении, машиностроении, приборостроении.

Ключевые слова: интеллектуальная адаптивная система, система обучения, автоматизированное проектирование, печатная плата, проектирование модулей

Для цитирования: К.К. Хоанг, Ю.В. Донецкая. Оценка результативности использования интеллектуальной адаптивной системы обучения проектированию модулей на основе печатных плат. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021; 48 (4): 139-146. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-4-139-146

Evaluating the effectiveness of using the intelligent adaptive training system for design modules based on printed circuit boards

K.K. Hoang¹, Yu.V. Donetskaya²,

¹Shipyards X52,

¹15/2 Kai Zatske Str., Binh Duong Province, Zian, Vietnam,

²Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics

²49 Kronverksky Ave., Saint Petersburg 197101, Russia

Abstract. Objective. The article studies the problem of adequate assessment of the level of acquired knowledge and skills with design of modules based on printed circuit boards (PCB) using CAD PCB. The article considers the issue of assessing the effectiveness of the use of an intelligent adaptive training system, which is the fundamental criterion for the effectiveness of the training process for designing of modules based on PCB. This intelligent adaptive training system of design of modules based PCB enables learners to assess their own performances. The main purpose of the study is to substantiate the algorithm and mathematical models of the developed system for assessing the effectiveness of training using an intelligent adaptive system. **Method.** The parameters, algorithm and patterns of building intelligent adaptive learning systems for designing modules based on PCB of ship integrated control systems for future specialists are disclosed. **Result.** The target indicators of the effectiveness of training in the design modules based on PCB are highlighted. A fully functional algorithm for assessing the effectiveness of learning the design modules based on PCB in intelligent adaptive systems is determined by the step of technological operations to ensure the uniformity of the learning quality control. **Conclusion.** This system can be useful for teachers and specialists-studying the design modules based on PCB. This system can be used at the stage of assessing the achievable characteristics which can significantly speed up the learning process. The research methods are applied in training the design modules based on PCB to the personnel of the shipyard X52 in Vietnam. It is suitable not only for training shipyard personnel to work, for teaching various levels of training of personnel of any industrial enterprise, for example, in aircraft engineering, mechanical engineering or instrument making, and for teaching any CAD system in general.

Keywords: Intelligent adaptive system, training system, CAD, PCB, module design

For citation: K.K. Hoang, Yu.V. Donetskaya. Evaluating the effectiveness of using the intelligent adaptive training system for design modules based on printed circuit boards. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2021; 48(4): 139-146. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-4-139-146

Введение. В данной работе будет проанализирована эффективность обучения по индивидуальным траекториям обучаемого, в которых результаты обучаемого зависят от уровня владения знаниями до обучения, охвата и длительности тестов, времени изучения материала и времени изучения дополнительных материалов, уровня владения знанием после обучения и уровня владения компетенциями для выполнения практического задания [1,4,11]. Сценарий обучения формируется из двух частей: изучение теоретических материалов и выполнение практического задания.

Постановка задачи. Оценка эффективности x -го этапа индивидуальных сценариев обучения автоматизированному проектированию печатных плат может осуществляться по алгоритму, представленному на рис. 1.

Алгоритм оценки эффективности i -го этапа индивидуальных сценариев обучения осуществляется пошагово. Предварительно до обучения проверим уровень знаний обучаемого [2, 5,12]:

- Первый шаг включает формирование учебного материала: обычного и адаптивного. Предоставляется учебный материал в зависимости от результатов обучения или случайно.
- На втором шаге осуществляется процесс обучения по стационарному и адаптивному этапам сценария обучения. В каждой группе должно быть равное количество обучаемых.
- На третьем шаге проводится проверка знаний и умений по i -му этапу сценария обучения.
- На 4-ом шаге осуществляется процесс изучения практической части по стационарному и адаптивному этапам сценария обучения.
- На 5-ом шаге проводится проверка умений и навыков по i -му этапу сценария обучения.

- На 6-ом шаге автоматически сравниваются результаты обучаемого с нормативом модуля системы обучения. Сравнение оценок обучаемого со стандартными значениями баллов традиционного обучения осуществляется с целью определения альтернативных подходов к каждому обучаемому.

Очевидно, что при величине $I_x > 90$ рассматриваемый сценарий обучения оценивается как «отлично», продолжается изучение следующего этапа по сложному уровню учебных материалов.

Если $90 \geq I_x \geq 71$ оценивается «хорошо», обучение продолжается по следующему этапу на среднем уровне учебных материалов.

Если $71 \geq I_x \geq 50$ оценивается «удовлетворительно», обучение продолжается по следующему этапу на легком уровне.

Если значение $I_x < 50$ необходимо изучить учебный материал, но на степень ниже текущего уровня сложности. И отправить данные результаты к следующему шагу.

- На 7-ом шаге определяется эффективность данного модуля курса, формируются рекомендации обучаемому для устранения ошибок и совершенствования своих компетенций.

- На 8-ом шаге обучаемый устраняет свои ошибки и совершенствует свои компетенции. Закончив этот модуль, обучаемый приступит к следующему модулю. Процесс обучения закончится, когда обучаемый достигнет все цели обучения.

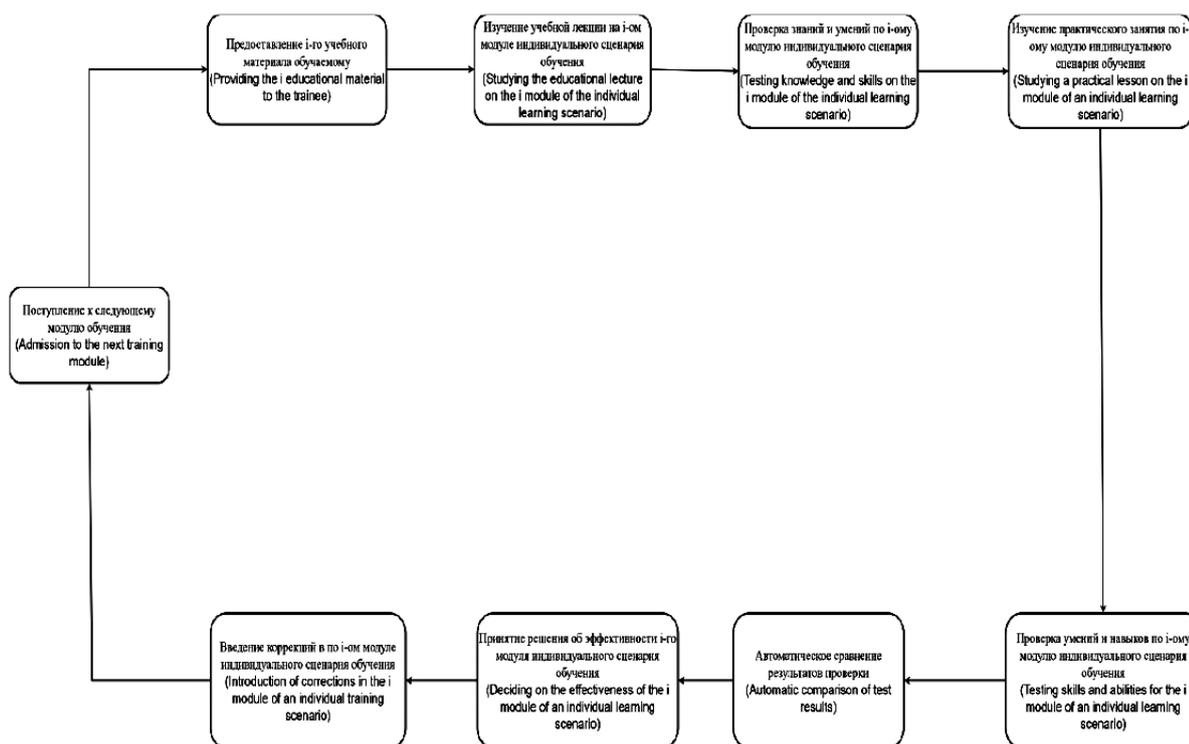


Рис. 1. Алгоритм оценки эффективности i-го этапа индивидуальных сценариев обучения
Fig. 1. Algorithm for evaluating the effectiveness of the i stage of individual learning scenarios

Для анализа эффективности интеллектуального адаптивного сценария может использоваться теория принятия решений, в которой проводится коллективная экспертиза с участием обучаемых в авторском и стационарном сценариях, что позволит получить реальную оценку сценария обучения [6,7].

Методы исследования. В курсе «Проектирование модулей на основе ПП» сценарий обучения состоит из 8 модулей, каждый из которых включает в себя учебный материал и практические задания.

При этом время, которое обучаемый тратит на каждом этапе обучения, рассчитывается по формуле:

$$T_{об} = \sum_{x=0}^m T_{изx} + \sum_{y=0}^n T_{пры} + T_{Пр} \quad (1)$$

где $T_{из}$ – время изучения x -го учебного материала, $x = 1 \dots m$,

$$T_{из} = \sum_{y=0}^{P_3} P_{yу} * T_{m,y} * L_{m,y}, \quad (2)$$

где P_3 – множество тем, изучаемых в x -ом учебном материале; $P_{yу}$ – содержание y -ой темы в x -ом учебном материале; $T_{m,y}$ – необходимое время для полного изучения y -ой темы в x -ом учебном материале; $L_{m,y}$ – коэффициент, отражающий изучил ли обучаемый m -ую тему в x -ом учебном материале; $T_{пры}$ – время изучения z -го практического материала, $z = 1 \dots n$, вычисляемое по формуле:

$$T_{пры} = \sum_{y=0}^{P_n} P_{ny} * C_{n,y} * D_{n,y}, \quad (3)$$

где P_n – множество навыков изучаемых в ходе y -ой лабораторной работы, P_{ny} – содержание y -ого навыка в y -ой лабораторной работе, $C_{n,y}$ – необходимое время для полного изучения y -го навыка в ходе y -ой лабораторной работы, $D_{n,y}$ – коэффициент, отражающий факт изучения обучаемым y -ый навыка в x -ой лабораторной работы;

$T_{Пр}$ – время решения практического задания, вычисляемое по формуле:

$$T_{Пр} = \sum_{y=0}^{P_y} T_{Пу} * K_{a,y} + T_{реш}, \quad (4)$$

где P_y – множество навыков, необходимых для решения практического задания; $K_{a,y}$ – коэффициент, отражающий факт изучения обучаемым a -го навыка в x -ом учебном материале; $T_{Пу}$ – время, затрачиваемое на изучение вспомогательных данных для выполнения практического задания,

$$T_{Пу} = T_{Пв} * R_y, \quad (5)$$

где $T_{Пв}$ – необходимое время для собственно прочтения вспомогательных данных для выполнения практического задания; R_y – необходимость наличия y -й компетенции для поиска практического решения; $T_{реш}$ – время выполнения практического задания при владении необходимыми знаниями.

Предполагаем, что множество тем Π задействуется между темами x -го учебного материала и практического задания на данном этапе обучения, то $P = P_x \cap P_y \cap P_n$.

Время изучения будет рассчитываться по формуле:

$$T_{об} = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^P \left[P_{yу} * T_{m,y} * L_{m,y} + P_{ny} * C_{n,y} * D_{n,y} + R_y * T_{Пв} * K_{a,y} + T_{реш} \right] \quad (6)$$

Уровень владения компетенциями обучаемого будет рассчитываться по формуле:

$$O_y = O_0 + \sum_{y=0}^P (1 - O_{y-1}) (1 - L_{m,y} * P_{yу}) (1 - P_{ny} * D_{n,y}) \quad (7)$$

Допустим, что обучаемый владеет темами до обучения O_0 , и в любом случае ему необходимо учить все учебные материалы.

Рассмотрим механизм адаптации авторского сценария обучения. В авторской сценарии обучения входной тест позволяет определить уровень владения знаниями O_0 обучаемого.

После выполнения входного теста учебный материал Y_x в зависимости от результата теста представляется как:

$$Y_x = \sum_{x=0}^P \left[(1 - (1 - O_0 + O_0 * B_x) * Y_{тест}) (1 - P_{yу}) (1 - P_{ny}) \right] \quad (8)$$

где B_x – соответствие результата x -го теста существующим знаниям обучаемого;

$Y_{тест}$ – условие тестирования x -ой темы;

Уровень владения компетенциями обучаемого после обучения будет рассчитываться по формуле:

$$O_y = O_0 + \sum_{y=0}^P Y_x * (1 - O_{y-1}) (1 - L_{m,y} * P_{yy}) (1 - P_{\Pi y} * D_{n,y}) \quad (9)$$

Время прохождения этапа индивидуального сценария будет рассчитываться по формуле:

$$T_{\text{обн}} = \sum_{y=0}^P \sum_{x=0}^m \left[P_{yy} * T_{m,y} * L_{m,y} * Y_x * \left(1 - \frac{O_0}{O_y}\right) + P_{\Pi y} * C_{n,y} * D_{n,y} * Y_x + Y_{\text{тест}} * T_{\text{тест}_x} + R_y * T_{\text{Пв}} * K_{a,y} + T_{\text{реш}} \right] \quad (10)$$

В случае если обучаемый уже владеет некоторыми навыками K_0 по решению практического задания, то ему может не требоваться изучение практического материала.

Время, затрачиваемое в процессе изучения при наличии существенного навыка K_0 до обучения, будет рассчитываться по формуле:

$$T_M = \sum_{y=0}^P \sum_{x=0}^m \left[\left(1 - \frac{O_0}{O_y}\right) (P_{yy} * T_{m,y} * L_{m,y} * Y_x + P_{\Pi y} * C_{n,y} * D_{n,y} * Y_x) + Y_{\text{тест}} * T_{\text{тест}_x} + (1 - K_0) (R_y * T_{\text{Пв}} * K_{a,y} + T_{\text{реш}}) \right] \quad (11)$$

Исследуем случай сценария, в котором обучаемый изучает необходимые элементы компетенции в одном учебном модуле для выполнения одного практического задания. Сокращение времени обучения по авторским сценариям рассчитывается по формуле:

$$\Xi = \left(1 - \frac{\sum_{y=0}^P \left[\left(1 - \frac{O_0}{O_y}\right) (P_{yy} * T_{m,y} + P_{\Pi y} * C_{n,y}) + (1 - K_0) * T_{\text{Пв}} * K_{a,y} \right]}{\sum_{y=0}^P [P_{yy} * T_{m,y} + P_{\Pi y} * C_{n,y} + R_y * T_{\text{Пв}} * K_{a,y}]} \right) * 100, \% \quad (12)$$

Для расчета времени сокращения обучения по авторскому сценарию, вводим следующие значения [13, 14]: уровень владения знаниями до обучения - $O_0 = 0, \dots, 0,5$, уровень владения навыками для выполнения практического задания - $K_0 = 0, \dots, 0,2$, вероятность прочтения дополнительной информации необходимой для решения практического задания - $P_d = 0, \dots, 1$, вероятность покрытия тестами элементов - $V_{\Pi} = 0,7$, вероятность изучения обучаемым элементов знаний при первичном просмотре учебного материала - $P_{\Pi} = 0,6, \dots, 1$, уровень владения знаниями после обучения $A_y = 0,6, \dots, 1$, относительная длительность авторского этапа сценария D_a , относительная длительность стационарного этапа сценария D_0 , относительная длительность тестирования D_t , относительная длительность выполнения практического задания D_p .

Расчет приведен в табл.1. В итоге среднее сокращение времени обучения по авторскому сценарию составляет 24,7%.

Обсуждение результатов. Для оценки эффективности интеллектуального адаптивного сценария обучения были применены экспертизы на группах обучаемых – инженеров верфи.

Основными параметрами данного исследования являются 2 группы обучаемых – инженеров по 5 человек в каждой, длительность исследования составляет 2 месяца.

Целью обучения является формирование у обучаемого – инженера компетенций по проектированию печатных плат Altium Designer [8, 9]: способность работать с интерфейсом; приобретение навыков построения эскизов, компонентов, электрических принципиальных схем и печатных плат; владения умениями и навыками моделирования печатных плат. Данные полученных результатов приведены в табл. 2.

Таблица 1. Расчет сокращения времени обучения по авторскому сценарию
Table 1. Calculation of the reduction in training time according to the author's scenario

№	O ₀	K ₀	Д _р	П _п	П _д	В _п	А _у	Д _а	Д _о	Д _т	Э (%)
1	0,5	0,0	0,4	0,7	1,0	0,7	0,6	1,1	1,2	0,05	40,3
2	0,0	0,0	0,3	0,6	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,05	-8,0
3	0,3	0,0	0,3	0,9	0,7	0,7	0,9	0,6	0,6	0,05	26
4	0,1	0,0	0,4	0,7	0,5	0,7	0,6	0,9	1,0	0,05	17,4
5	0,0	0,0	0,4	0,6	0,9	0,7	0,6	1,5	1,3	0,05	-15,3
6	0,2	0,1	0,2	0,9	0,5	0,7	1,0	0,6	0,7	0,05	30,3
7	0,2	0,1	0,2	0,8	0,2	0,7	0,6	0,7	0,8	0,05	29,4
8	0,4	0,1	0,2	0,7	0,8	0,7	0,8	1,0	1,1	0,05	39,9
9	0,1	0,1	0,1	0,6	0,4	0,7	0,9	0,9	1,0	0,05	19,0
10	0,2	0,1	0,2	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,6	0,05	32,2
11	0,0	0,2	0,4	0,8	0,1	0,7	0,8	1,4	1,2	0,05	-6,1
12	0,0	0,2	0,1	0,7	0,2	0,7	0,7	0,8	1,0	0,05	22,1
13	0,3	0,2	0,0	0,8	0,1	0,7	0,9	0,9	1,1	0,05	42,5
14	0,4	0,2	0,1	0,9	0,3	0,7	0,9	0,7	0,8	0,05	46,4
15	0,4	0,2	0,0	1,0	0,1	0,7	1,0	0,6	0,8	0,05	54,7

В одной группе проводилось обучение по интеллектуальной адаптивной системе, в другой группе – обучение по стационарному сценарию.

Таблица 2. Экспериментальные результаты обучения по адаптивному и стационарному сценариям

Table 2. Experimental learning outcomes for adaptive and stationary scenarios

Обучаемый Teachable	Адаптивный сценарий Adaptive Script					Стационарный сценарий Stationary Scenario				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Результат входного теста, % Result of the entrance test, %	84	73	67	80	73	93	67	73	87	80
Время обучения, мин Training time, min	509,8	565,4	576,7	545,1	578,5	597,3	705,9	698,7	679,1	656,8
Время тестирования, мин Testing time, min	112,7	136,5	140,3	134,7	143,5	128,2	154,5	162,7	144,4	157,5
Время выполнения проектов, мин Project execution time, min	295,2	307,1	369,7	315,8	302,6	374,5	573,6	591,4	477,9	557,8
Итоги баллов Point totals	94	88	69	89	86	91	68	67	81	75

Анализ этих данных показал, что выявлено сокращение времени при использовании интеллектуального адаптивного обучения моделированию печатных плат по сравнению с традиционным обучением на 17%, время тестирования меньше на 11%, чем при стационарном обучении, а время выполнения проектов меньше на 38,2%, чем при стационарном обучении.

По итогам обучения с помощью интеллектуального адаптивного обучения, 1 обучаемый – инженер достиг (20%) эвристического уровня компетентности в области проектирования печатных плат Altium Designer, 3 обучаемых – инженеров получили творческий уровень (60%) с средним баллом 86. По итогам обучения по стационарному обучению, 1 обучаемый–инженер достиг (20%) эвристического уровня компетентности, 2 обучаемых–инженеров (40%) получили творческий уровень со средним баллом 77.

Вывод. Достижение результативности обучения и оптимального расхода является важнейшей задачей любого вуза. Одним из основных направлений является интеллектуальное адаптивное обучение, обеспечивающее индивидуальный характер и активную деятельность обучаемого в ходе обучения с использованием ЭВМ [15].

В статье предложен подход к реализации оценки результативности использования интеллектуальной адаптивной системы обучения проектированию ПП. Интеграция индивидуальных характеристик обучаемого и нейронной сети [10] позволяет реализовать эффективное обучение и контроль его результатов.

В ходе проведения педагогического эксперимента были использованы различные дидактические приемы обучения: адаптивный и стационарный.

Практика показывает, что возможно уменьшить время обучения, например, на верфи X52 Вьетнама в ходе обучения персонала работе в САПР ПП было показано, что эффективность методики использования интеллектуальной адаптивной системы обучения, которая позволяет сократить время обучения на 17%, время тестирования на 11%, время выполнения проектов на 38,2%, количество обучаемых получивших оценку выше и удовлетворительно и больше 20% с высшим средним баллом и 9% больше, чем при стационарном обучении.

Оптимально разработанная система обеспечивает эффективность повышения уровня компетентности обучаемого инженера и способствует расширению доступа к росту конкурентоспособности будущего проектировщика на рынке труда.

Библиографический список:

1. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. - Рига: Зинатне, 1988. - 160 с.
2. В. И. Токмарова, С. Н. Федорова. Оценка результативности обучения математике в адаптивной системе: критерии и показатели // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2020. №6 (212). С. 151-157. DOI: 10.23951/1609-624X-2020-6-151-157
3. С. Г. Зайдуллина, Н. Г. Мигранов. Модель формирования адаптивной среды обучения и оценка ее эффективности // Программные продукты и системы. 2012. №1. С. 100 – 104.
4. Башмаков И.А., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 302 с.
5. С. В. Тархов. Адаптивное электронное обучение и оценка его эффективности // Открытое образование. 2005. №5. С. 37- 48.
6. Канев Д. С. Разработка моделей, методов и средств формирования профиля компетенций проектировщика в процессах автоматизированного проектирования машиностроительных объектов (на примере САПР КОМПАС): диссертация ... к.т.н.:05.13.12 [Ульяновский государственный технический университет], 2016. Ульяновск. С. 186.
7. Черепашков А. А., Самойлов П. А., Применение графоаналитических моделей в задачах анализа процессов разработки и внедрения комплексных автоматизированных систем // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 2. С. 268-278.
8. Заботина Н. Н. Проектирование информационных систем: Учебное пособие //М.: НИЦ ИНФРА-М. – 2014. — 336 с.
9. Тархов С.В. Управление адаптивным обучением и его оптимизация на базе теории абстрактных автоматов и Марковских процессов // Информационные технологии моделирования и управления. Научн.-технич. Журнал. 2005. №1. С.39-45.
10. Хоанг К.К., Авксентьева Е. Ю., Федосов Ю.В. Формирование индивидуальной траектории обучения автоматизированному проектированию средствами интеллектуальной адаптивной системы//Эргодизайн. 2021. №1 (11). С. 41-48.
11. Toktarova V. I. Assessing the Efficiency of Teaching Mathematics in the E-Learning Environment. Proceedings of 6th International Conference on Education and Social Sciences. 2019; 428–431
12. С. Martins, С. Faria. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems//Educational Technology & Society. 2008; 11(1): 194-207.

13. Mahnane L., Laskri M. T., Trigano P. A model of adaptive e-learning hypermedia system based on thinking and learning styles. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*. 2013; 8(3): 336-350.
14. Lin H., Xie S., Deng X., Yue H., Cai K. Adaptive recommender system for an intelligent classroom teaching model // *International journal of emerging technologies in learning*. 2019; 14(5): 51-63. DOI: 10.3991/ijet.v14i05.10251
15. Eckroth Z. J. A course on big data analytics. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2018; 118(1): 166-176. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2018.02.019>

References:

1. Rastrigin L.A., Erenshtein M.Kh. Adaptive learning with a learner model. Riga: Zinatne, 1988; 160.
2. V. I. Tokmarova, S. N. Fedorova. Evaluation of the effectiveness of teaching mathematics in an adaptive system: criteria and indicators. [Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta] *Bulletin of the Tomsk State Pedagogical University*. 2020; 6(212): 151-157. DOI: 10.23951/1609-624X-2020-6-151-157 (In Russ)
3. S. G. Zaidullina, N. G. Migranov. Model for the Formation of an Adaptive Learning Environment and Evaluation of Its Efficiency. *Software Products and Systems*. 2012; 1: 100 - 104. (In Russ)
4. Bashmakov I.A., Bashmakov I.A. Intelligent information technologies. *Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman*, 2006; 302. (In Russ)
5. S. V. Tarkhov. Adaptive e-learning and evaluation of its effectiveness. *Open education*. 2005; 5: 37-48. (In Russ)
6. Kanev D. S. Development of models, methods and means of forming a profile of a designer's competencies in the processes of automated design of machine-building objects (on the example of CAD KOMPAS): dissertation ... Ph.D.: 05.13.12 [Place of defense: Ulyanovsk State Technical University], 2016; 186. (In Russ)
7. Cherepashkov A. A., Samoilo P. A., The use of graoanalytical models in the problems of analyzing the processes of development and implementation of complex automated systems. [Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve] *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2017; 2: 268-278. (In Russ)
8. Zabolina N. N. Designing information systems: Textbook. M.: SIC INFRA-M. 2014 - 336 p. (In Russ)
9. Tarkhov S.V. Control of adaptive learning and its optimization based on the theory of abstract automata and Markov processes. [Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya] *Information technologies of modeling and control. Scientific-technical Magazine*. 2005; 1: 39-45 (In Russ).
10. K. K. Hoang, E. Yu. Avksent'eva, and Yu. 2021; Formation of an individual trajectory of learning computer-aided design by means of an intelligent adaptive system. [Ergodizayn] *Ergodesign* 1 (11): 41-48. (In Russ)
11. Toktarova V. I. Assessing the Efficiency of Teaching Mathematics in the E-Learning Environment. *Proceedings of 6th International Conference on Education and Social Sciences*. 2019; 428-431.
12. C. Martins, C. Faria. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Educational Technology & Society*. 2008; 11(1): 194-207.
13. Mahnane L., Laskri M. T., Trigano P. A model of adaptive e-learning hypermedia system based on thinking and learning styles. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*. 2013; 8(3): 336-350.
14. Lin H., Xie S., Deng X., Yue H., Cai K. Adaptive recommender system for an intelligent classroom teaching model // *International journal of emerging technologies in learning*. 2019; 14(5): 51-63. DOI: 10.3991/ijet.v14i05.10251
15. Eckroth Z. J. A course on big data analytics. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2018; 118(1): 166-176. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2018.02.019>

Сведения об авторах:

Хоанг Конг Кинь, совместитель; hoangkinh@yandex.ru

Донецкая Юлия Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, факультет безопасности информационных технологий; donetskaya_julia@mail.ru

Information about the authors:

Kinh K. Hoang, совместитель; hoangkinh@yandex.ru

Yuliya V. Donetskaya, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Faculty of Information Technology Security; donetskaya_julia@mail.ru

Конфликт интересов/ Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 20.11.2021.

Одобрена после/рецензирования Revised 02.12.2021.

Принята в печать/ Accepted for publication 02.12.2021.