

К. К. Хоанг,
Е. Ю. Авксентьева,
Ю. В. Федосов

Формирование индивидуальной траектории обучения автоматизированному проектированию средствами интеллектуальной адаптивной системы

Целью работы является повышение эффективности обучения автоматизированному проектированию печатных плат судовых интегрированных систем управления (АПР ПП СИСУ) с формированием индивидуальной траектории обучения, при котором возникает необходимость перехода от традиционного обучения к интеллектуальному адаптивному обучению.

Методом исследования является анализ особенности формирования индивидуальной траектории обучения АПР ПП.

Результаты исследования и новизна: разработан алгоритм реализации учебного курса при интеллектуальном адаптивном обучении АПР ПП СИСУ; разработан алгоритм определения уровня сложности учебного материала для обучения АПР ПП по приоритету изучения; рассмотрен алгоритм Кохонена для формирования интеллектуальной адаптивной среды образовательного процесса обучения АПР ПП СИСУ; разработан алгоритм адаптивного тестирования с формированием индивидуальных траекторий обучения АПР ПП СИСУ с учетом предпочтения и индивидуальных характеристик обучаемого.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизированное проектирование, печатная плата, интеллектуальная адаптивная система обучения, искусственная нейронная сеть, индивидуальная траектория обучения.

K.K. Hoang,
E.Yu. Avksentieva,
Yu.V. Fedosov

Forming an individual trajectory of teaching computer-aided design by means of an intelligent adaptive system

The aim of the work is to increase the efficiency of teaching computer-aided design of printed circuit boards of ship integrated control systems (CAD PCB SICS) with forming an individual learning path, in which there is a need to move from traditional teaching to intelligent adaptive training.

The research method is to analyze the peculiarities of forming an individual trajectory of teaching CAD PCB.

Research results and novelty:

an algorithm for implementing the training course at intelligent adaptive teaching CAD PCB SICS is developed; an algorithm for determining the complexity level of educational material for teaching CAD PCB by study priority is developed; Kohonen's algorithm for forming an intelligent adaptive environment of the educational process of teaching CAD PCB SICS is considered; an algorithm for adaptive testing with forming individual trajectories of teaching CAD PCB SICS is developed taking into account the student's preferences and individual characteristics.

Keywords: artificial intelligence, computer-aided design, printed circuit board, intelligent adaptive training system, artificial neural network, individual learning path.

Введение

Анализ данных работ [1, 2] в области применения искусственного интеллекта для разработки интеллектуальной адаптивной системы обучения АПР показывает, что затруднена разработка программных систем с реализацией методов искусственного интеллекта. В том числе при создании интеллектуальной адап-

тивной системы обучения появляются проблемы с описанием нейронной сети, предназначенной для интеллектуальной адаптации курса обучения. Предложенная в работе модель обучаемого построена на нейронной сети, которая может предоставлять оптимальный подход изучения учебных материалов обучаемым с учетом предпочтения и индивидуальных характеристик каждого обучаемого.

При использовании данной модели осуществляются некоторые работы, основными из них являются разработка структуры курса и задания таблиц условных вероятностей для всех узлов сети предметной области.

Алгоритм реализации единиц учебного курса «Проектирование ПП СИСУ»

Реализация учебного курса в интеллектуальной адаптивной системе обучения с использованием нейронной сети может быть представлена следующим алгоритмом [3-5]:

1. Формирование целей обучения с определенными критериями и требованиями к ним, выполнение которых позволяет решать задачу обучения.

Цели обучения представлены в системе:

$$C_{об} = \begin{cases} C_a(C) \geq a_x, (x = 1, \dots, n) \\ C_b(C) \geq b_y, (y = 1, \dots, m), (1) \\ C_v(C) \geq v_z, (z = 1, \dots, l) \end{cases}$$

где C_a, C_b и C_v – критерии-функционалы определяются в C -состояниях объекта обучения.

2. Разработка уровней учебного курса по приоритету изучения.

3. Формирование концептов для обеспечения поддержки процесса обучения.

4. Определение зависимостей изучения между концептами;

5. Формирование разных кластеров в учебном курсе

6. Определение вида связей между двумя концептами

Пример: единица учебного курса нулевого уровня является корневым элементом, и распределяется на единицы учебного курса первого уровня и т.д.

Распределение уровней учебного курса включает следующие шаги:

1) выделяются единицы учебного курса, которые являются первым компонентом в множестве связей графа, и размещаются в отдельное подмножество;

2) исключаются из рассмотрения остальные единицы, остающиеся в графе;

3) если в множестве связей графа еще существует единица учебного курса, эти шаги будут повторяться;

4) все единицы учебного курса, выделенные на первом шаге, нумеруются нулевым уровнем. Единицы, находящиеся на следующем шаге, будут соответствовать уровню 1. На следующем шаге единицы учебного курса будут увеличивать свой уровень в соответствии с предыдущими на единицу (рисунок 1 и таблица 1) [6, 7].

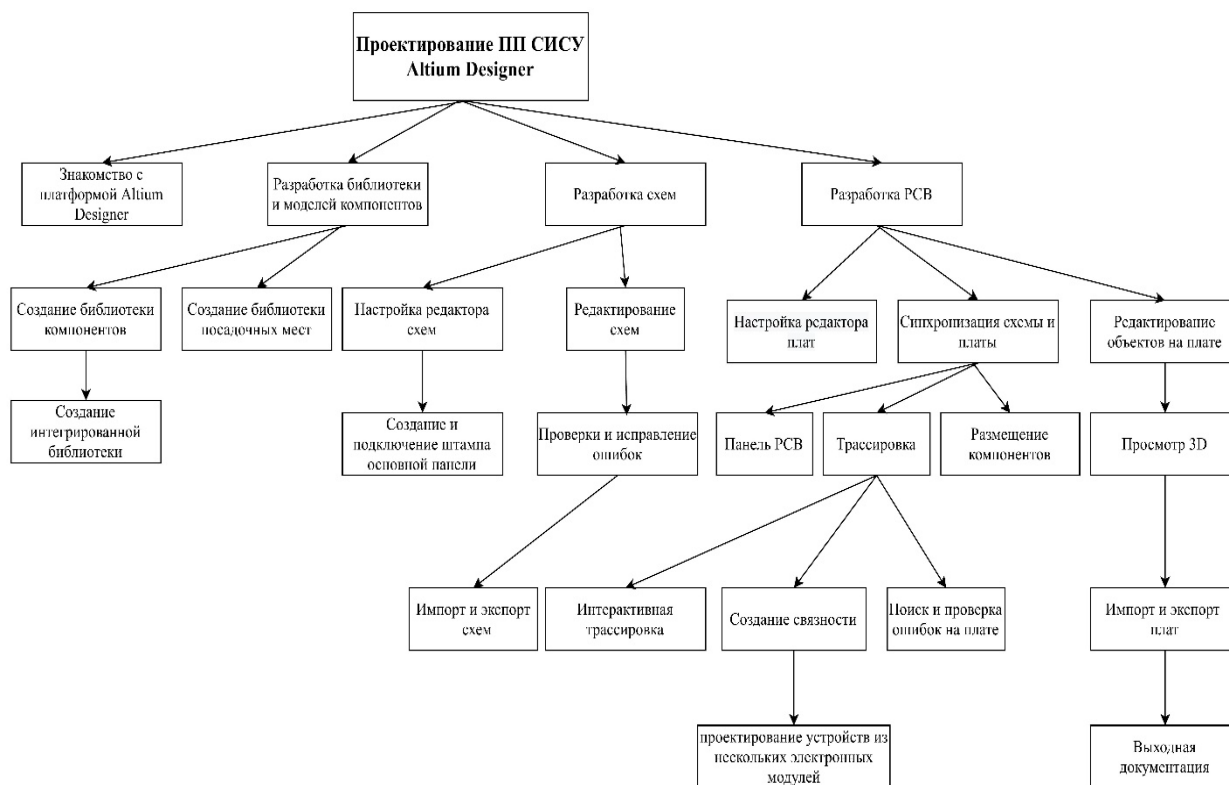


Рис.1. Пример графа учебного курса «Проектирование ПП СИСУ Altium Designer»

Таблица 1. Уровни единиц учебного курса «Проектирование ПП СИСУ Altium Designer»

№	Учебные единицы курса	Уровень	Обозначение
1	Проектирование ПП СИСУ Altium Designer	0	E ₀
2	Знакомство с платформой Altium Designer	1	E ₁
3	Разработка библиотеки и моделей компонентов	1	E ₂
4	Разработка схем	1	E ₃
5	Разработка РСВ	1	E ₄
6	Создание библиотеки компонентов	2	E ₅
7	Создание библиотеки посадочных мест	2	E ₆
8	Настройка редактора схем	2	E ₇
9	Редактирование схем	2	E ₈
10	Настройка редактора плат	2	E ₉
11	Синхронизация схемы и платы	2	E ₁₀
12	Редактирование объектов на плате	2	E ₁₁
13	Создание интегрированной библиотеки	2	E ₁₂
14	Создание и подключение штампа основной панели	3	E ₁₃
15	Проверки и исправление ошибок	3	E ₁₄
16	Панель РСВ	3	E ₁₅
17	Трассировка	3	E ₁₆
18	Размещение компонентов	3	E ₁₇
19	Просмотр 3D	3	E ₁₈
20	Импорт и экспорт схем	4	E ₁₉
21	Интерактивная трассировка	4	E ₂₀
22	Создание связности	4	E ₂₁
23	Поиск и проверка ошибок на плате	4	E ₂₂
24	Импорт и экспорт плат	4	E ₂₃
25	Проектирование устройств из нескольких электрических модулей	5	E ₂₄
26	Выходная документация	5	E ₂₅

Для реализации этой функции эксперта при разработке учебного курса была применена искусственная нейронная сеть.

Ядром интеллектуальной адаптивной системы является математическая модель, реализованная в виде нейронной сети для решения задач повышения эффективности обучения за счет автоматизированного управления процессом обучения [13].

Интеллектуальная адаптивная система обучения АПР ПП взаимодействует с двумя программными модулями: **модулем учебного материала и модулем тестирования.**

Модуль учебного материала

Поскольку осуществляется автоматическое управление курсом, может случиться, что уровень сложности не устраивает обучающегося, или обучающийся не обладает требуемыми знаниями, поэтому создается функция потребности повышения/уменьшения уровня сложности учебных материалов для обучающегося [8, 14]. Модули учебного материала

состоят из отдельных тем для изучения и практического задания. В модуль включаются тесты, которые проверяют знание содержания учебного материала. Каждый тест состоит из 15 вопросов с заданной сложностью от 1 до 5. В зависимости от правильности результата ответов на тест, отражающий уровень обучаемого освоения материала (которым является вход в искусственную нейронную сеть) на выходах будут определены рекомендуемые темы для следующего изучения.

Каждый нейрон сети соединен со всеми компонентами 15 входного вектора $a_x = (a_1, a_2, \dots, a_{15})$. Количество нейронов совпадает с 4 кластерами, который сеть должна выделить. Выход адаптивного сумматора c_y зависит от количества нейронов сети Кохонена и определится по формуле:

$$c_y = \sum_{y=1}^4 b_{xy} a_x, \quad (2)$$

Где x – номер входов;

y – номер нейрона, $y = 4$;

b_{xy} – вес x -го входа и y -го нейрона.

На рисунке 2 представлено графическое отражение искусственной нейронной сети, ко-

торая покрывает 15 вопросов по каждому модулю обучения. Количество скрытых слоев искусственной нейронной сети зависит от количества входов. В работах [9, 15] показано,

что качество обучения в искусственной нейронной сети пропорционально увеличивается с повышением количества скрытых слоев.

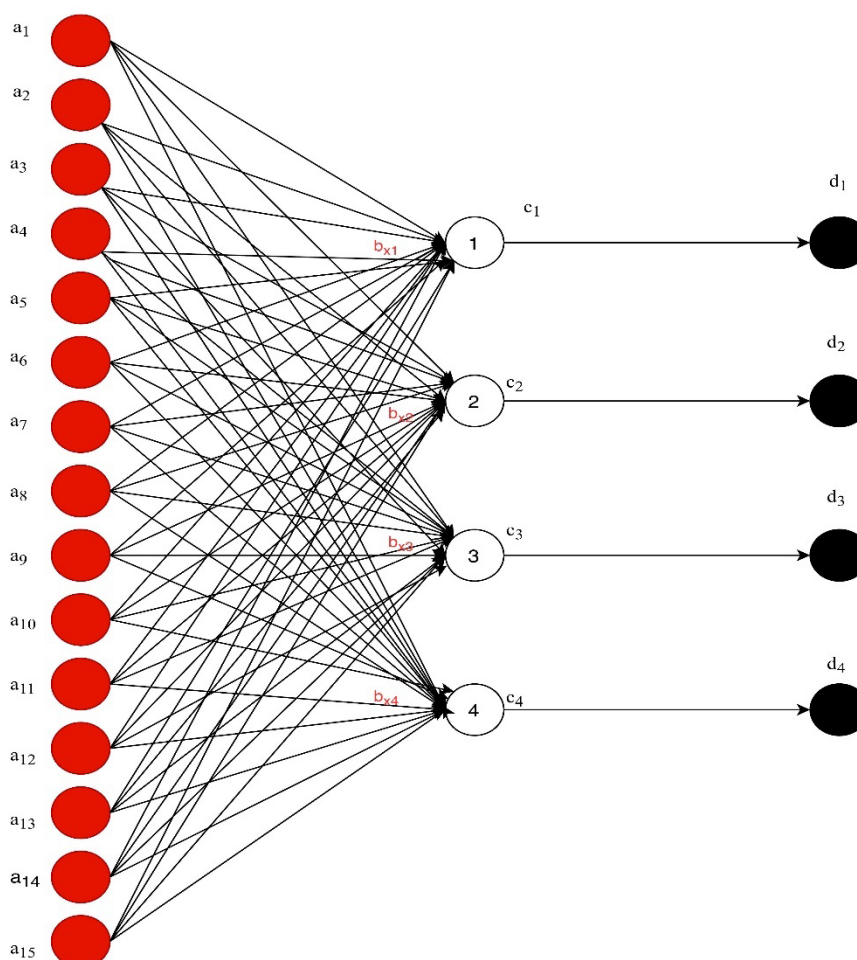


Рис.2. Графическое отображение искусственной нейронной сети для 15 вопросов

Для реализации данной модели с помощью искусственной нейронной сети необходимо выделить отношения между входами и выходами, например отношение между количеством входов и количеством вопросов, или отношение между количеством выходов и количеством тем изучения.

Наиболее распространенным и удобным способом обучения искусственной нейронной сети для решения такого типа задач является алгоритм Кохонена [10, 11]. Он имеет один слой нейронов, число входов каждого нейрона равно размерности входного вектора, число нейронов в слое равно числу различных классов, и построен по правилу «победитель получает все» (рисунок 2). Перед началом обучения веса у сети представляются по результатам предварительного теста. Если установить слишком низкий или высокий уровень для данных показателей, то в результате можно переучить систему или недоучить. Поэтому

обучение, как правило, проводится несколько раз с корректировкой этих задач. На следующем этапе использование входных данных для обучения осуществляется выполнение проходов сети. На основе результата выходных данных веса будут корректироваться. Цель обучения по этому алгоритму состоит в выявлении структуры входных данных и представляет их в виде распределенных нейронных активностей.

Модуль тестирования

Условиям для реализации графовой модели учебного курса является алгоритмы адаптивного тестирования, которые могут генерировать вопросы к адаптации уровня компетенции каждого обучаемого с целью определения уровня знания обучаемого и пробелов в знаниях обучаемого, которые должны быть ликвидированы в процессе обучения. Основу иде-

ального теста составляет линейно-иерархический тест из 15 вопросов, увеличивающихся по уровню сложности. Количество баллов, получаемое обучаемым, зависит от уровней тестов и правильности результата ответов обучаемого. Для получения максимальных количеств баллов (100 баллов) обучаемому необходимо проходить все модули по уровню сложности и сдать тесты на «отлично». Адаптация к обучающему в данном случае базируется на следующей модели количества баллов, полученных по выполнению теста (рисунок 3). Вершинами графа являются предлагаемые обучающемуся учебный мате-

риал и тест, а ребра отражают связь между ними при отличных (Отл.), хороших (Хор.) удовлетворительных (Уд.) и неудовлетворительных (Неуд.) результатах. Уровень знаний обучаемого оценивается тестом из n уровня сложности вопроса, и вычисляется по формуле:

$$K_B = \frac{k_i * m_i}{100}, \quad (3)$$

где K_B – уровень знаний обучаемого; k_i – количество правильных ответов по i уровню сложности вопроса; $i=1...n$; m – количество баллов соответствует с n уровнем сложности вопроса.

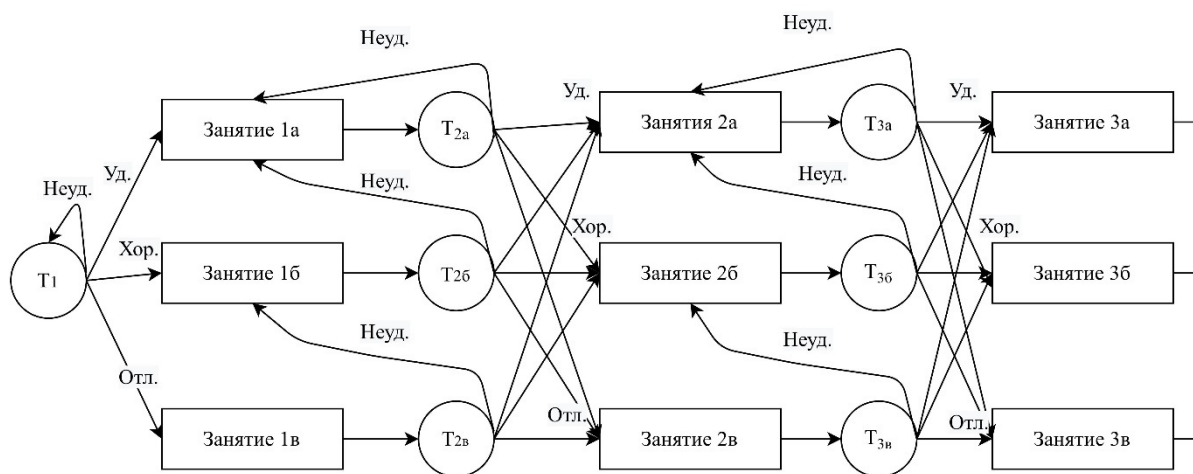


Рис.3. Последовательность подачи материалов

Результаты исследования

В данной работе были получены следующие результаты:

- разработан алгоритм реализации учебного курса в интеллектуальном адаптивном обучении АПР ПП СИСУ;
- разработан алгоритм определения уровня сложности учебного материала для обучения АПР ПП по приоритету изучения;
- рассмотрен алгоритм Кохонена для формирования интеллектуальной адаптивной среды образовательного процесса обучения АПР ПП СИСУ;
- разработан алгоритм адаптивного тестирования с формированием индивидуальных траекторий обучения АПР ПП СИСУ с учетом предпочтения и индивидуальных характеристик обучаемого.

Выводы

Необходимо отметить, что подготовка высокого уровня знаний и навыков будущего инженера непрерывно развивается во многом

благодаря внедрению искусственного интеллекта в систему обучения АПР ПП [12, 16]. Разработано новое средство интеллектуальной адаптивной системы обучения АПР ПП, позволяющее преподавателю освободиться от рутинной работы и заниматься творческим развитием обучаемых. Важными характеристиками в этой системе являются индивидуальный подход к каждому обучаемому, актуальный опыт в профессиональной деятельности обучения и информационные технологии и прочие факторы. Интеллектуальная адаптивная система обучения АПР ПП должна позволять организовать образовательный процесс, доступ к учебной информации и оценку знаний и умений обучаемого, предоставляя возможность формировать индивидуальные траектории обучения с учетом предпочтения и индивидуальных характеристик обучаемого. В дальнейшем планируется применять практико-ориентированный подход в обучении АПР ПП, которое позволит повысить качество подготовки будущего инженера проектирования ПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курейчик, В.В. Мобильное обучение: контекстная адаптация и сценарный подход [Текст] / В.В. Курейчик, С.И. Родзин, Л.С. Родзина // Открытое образование. – 2013. – №4. – С.75-82.
2. Ципина, Н.В. Разработка моделей, алгоритмов и средств процесса автоматизированного обучения : специальность 05.13.10 Управление в социальных и экономических системах: дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. [Текст] / Ципина Наталья Викторовна; Воронежский государственный технический университет. - Воронеж, 2002. – 137 с.
3. Киселева, Е.И. Разработка модели обучающей системы и алгоритмов оптимизации ее функционирования с помощью интеллектуальных методов: специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики : дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. [Текст] / Киселева Екатерина Игоревна; Вологодский государственный университет. - Воронеж, 2018. – 113 с.
4. Коцюба, И.Ю. Основы проектирования информационных систем: учеб. Пособие [Текст] / И.Ю. Коцюба, А.В. Чунаев, А.Н. Шиков. – Санкт Петербург. - Изд-во Университета ИТМО, 2015. - 206 с.
5. Павлов, А.Д. Проектирование и реализация адаптивной интегрированной модели в интеллектуальной инструментальной среде дистанционного обучения Mathbridge [Текст] / А.Д. Павлов // XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых), Международная молодежная научная конференция: Материалы конференции. Сборник докладов. – Казань, 2017. - С. 155-159.
6. Кузнецова, О.В. Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования печатных узлов на основе трехмерного моделирования : специальность 05.13.12 Системы автоматизации проектирования (приборостроение): дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. [Текст] / Кузнецова Ольга Валерьевна, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики». - Санкт Петербург, 2016. – 153 с.
7. Шустова, Н.А. Контроль знаний в автоматизированной обучающей системе [Текст] / Н.А. Шустова // Программные продукты и системы. – 2013. - №2. - С. 90-94.
8. Солдаткина, Е.В. Адаптивный алгоритм обучающего тестирования в структуре электронного ученика «Теоретическая метрология» [Текст] / Е.В. Солдаткина, Р.А. Пятайкина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2005. - №6. - С. 120-123.
9. Попова, Ю.Б. Искусственная нейронная сеть в обучающей системе CATS [Текст] / Ю.Б. Попова// Цифровая трансформация. – 2019. - №2. - С. 53-59.
10. Войт, Н.Н. Разработка методов и средств адаптивного управления процессом обучения в автоматизированном проектировании: дис.... канд. тех. наук. [Текст] / Н.Н. Войт.-

REFERENCES

1. Kureichik, V.V. Mobile Learning: Context Adaptation and Scenario Approach [Text] / V.V. Kureichik, S.I. Rodzin, L.S. Rodzina // Open Education. – 2013. – no. 4. – pp. 75-82.
2. Tsipina, N.V. Development of Models, Algorithms and Means of the Computer-Aided Learning Process: specialty 05.13.10 – Management in Social and Economic Systems: dis. for the academic degree of Cand. techn. sciences. [Text] / Tsipina Natalia Viktorovna; Voronezh State Technical University. – Voronezh, 2002. – 137 p.
3. Kiseleva, E.I. Development of Training System Model and Algorithms for Optimizing its Functioning Using Intelligent Methods: specialty 05.13.17 – Theoretical Foundations of Computer Science: dis. for the degree of Cand. techn. sciences. [Text] / Kiseleva Ekaterina Igorevna; Vologda State University. – Voronezh, 2018. – 113 p.
4. Kotsyuba, I.Yu. Fundamentals of Information Systems Design: Textbook. Manual [Text] / I.Yu. Kotsyuba, A.V. Chunaev, A.N. Shikov. – St. Petersburg. – Publishing house of ITMO University, 2015. – 206 p.
5. Pavlov, A.D. Design and Implementation of an Adaptive Integrated Model in the Intellectual Instrumental Environment of Distance Learning Mathbridge [Text] / A.D. Pavlov // XXIII Tupolev Readings (School of Young Scientists), International Youth Scientific Conference: Conference Proceedings. – Kazan, 2017. – pp. 155-159.
6. Kuznetsova, O.V. Models and Algorithms for Automated Design of Printed Circuit Boards Based on Three-Dimensional Modeling: specialty 05.13.12 – Computer-aided design (instrument making): dis. for the degree of Cand. techn. sciences. [Text] / Olga Valerievna Kuznetsova, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics”. – St. Petersburg, 2016. – 153 p.
7. Shustova, N.A. Knowledge Control in the Automated Training System [Text] / N.A. Shustova // Software Products and Systems. – 2013. – no. 2. – pp. 90-94.
8. Soldatkina, E.V. Adaptive Learning Testing Algorithm in the Structure of an Electronic Student-Book “Theoretical metrology” [Text] / E.V. Soldatkina, R.A. Pyataikina // Bulletin of South Ural State University. Series: Education, Health Care, Physical Education. – 2005. – no. 6. – pp. 120-123.
9. Popova, Yu.B. Artificial Neural Network in the CATS Training System [Text] / Yu.B. Popova // Digital Transformation. – 2019. – no. 2. – pp. 53-59.
10. Voit, N.N. Developing Methods and Means of Adaptive Control of the Learning Process in Computer-Aided Design: dis ... cand. techn. sciences. [Text] / N.N. Voit. – Ulyanovsk, 2009. – 232 p.

Ульяновск, 2009. – 232 с.

11. Ишакова, Е.Н. Математическое и алгоритмическое обеспечение прогнозирования рисков на основе нейронной сети Кохонена [Текст] / Е.Н. Ишакова, Т.М. Зубкова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. - №9. - С. 182-186.

12. Акимов, С.С. Нейронные сети в среде высшего образования [Текст] / С.С. Акимов, И.А. Кушнерова // Тенденции инновационного развития науки и практики: сб. науч. тр./ Тенденции инновационного развития науки и практики. Сборник научных статей по материалам Международной научной-практической конференции. – Смоленск, 2017. - С. 112-114.

13. Sanal, M.G. Artificial intelligence and deep learning: The future of medicine and medical practice [Текст] / M.G. Sanal, K. Paul, S. Kumar, N.K. Ganguly // Journal of association of physicians of India. – 2019. - Volume 67. - P. 71-73.

14. Rani, M. An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage [Текст] / M. Rani, R. Nayak, O.P. Vyas // Knowledge-based systems. – 2015. - Volume 90. - P. 33-48.

15. Zhuang, L. Design of vibration signal data acquisition system for ship mechanical and electrical equipment [Текст] / L. Zhuang // Journal of coastal research. – 2019. - Volume 97. - P. 254-260.

16. Luo, X. Research on communication technology of ship integrated monitoring system based on opc [Текст] / X. Luo // 2020 International conference in intelligent transportation, big data and smart city. – 2020. - P. 538 -531.

11. Ishakova, E.N. Mathematical and Algorithmic Support for Risk Prediction Based on Kohonen's Neural Network [Text] / E.N. Ishakova, T.M. Zubkova // Bulletin of Orenburg State University. – 2014. – no. 9. – pp. 182-186.

12. Akimov, S.S. Neural Networks in the Higher Education Environment [Text] / S.S. Akimov, I.A. Kushnerova // Trends in the Innovative Development of Science and Practice: proceedings / Trends in the Innovative Development of Science and Practice. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Smolensk, 2017. – pp. 112-114.

13. Sanal, M. G. Artificial intelligence and deep learning: The future of medicine and medical practice [Text] / M.G. Sanal, K. Paul, S. Kumar, N. K. Ganguly // Journal of association of physicians of India. – 2019. - Volume 67. - P. 71-73.

14. Rani, M. An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage [Text] / M. Rani, R. Nayak, O. P. Vyas // Knowledge-based systems. – 2015. - Volume 90. - P. 33-48.

15. Zhuang, L. Design of vibration signal data acquisition system for ship mechanical and electrical equipment [Text] / L. Zhuang // Journal of coastal research. – 2019. - Volume 97. - P. 254-260.

16. Luo, X. Research on communication technology of ship integrated monitoring system based on opc [Text] / X. Luo // 2020 International conference in intelligent transportation, big data and smart city. – 2020. - P. 538 -531.

Ссылка для цитирования:

Хоанг, К. К. Проблемы изучения образного мышления человека с позиций нейропсихологии и когнитивной семантики / К. К. Хоанг, Е. Ю. Авксентьева, Ю. В. Федосов // Эргодизайн. – 2021 - №1 (11). – С. 41-48. - DOI:10.30987/2658-4026-2021-1-41-48.

Сведения об авторах:

Хоанг Конг Кинь

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», аспирант факультета программной инженерии и компьютерной техники
Тел. +79697299090
E-mail: hoangkinh@yandex.ru
ORCID

Авксентьева Елена Юрьевна

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет к.п.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники
Тел. +79214018982
E-mail: eavksenteva@itmo.ru
ORCID 0000-0001-5000-4868

Abstracts:

Hoang Cong Kinh

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research University ITMO”, Post graduate student of the Faculty of Software Engineering and Computer Engineering
Тел. +79697299090
E-mail: hoangkinh@yandex.ru
ORCID

E.Y. Avksentieva

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research University”
Candidate of Pedagogy, Associate Professor of the Faculty of Software Engineering and Computer Engineering
Tel. +79214018982
E-mail: eavksenteva@itmo.ru
ORCID: 0000-0001-5000-4868

Федосов Юрий Валерьевич
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
к.п.н., доцент факультета систем управления и
робототехники
Тел. +79214281925
E-mail: yf01@yandex.ru
ORCID

Y.V. Fedosov
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher
Education “National Research University ITMO”
Candidate of Pedagogy, Associate Professor of the Faculty of
Control Systems and Robotics
Tel. +79214281925,
E-mail: yf01@yandex.ru
ORCID

Статья поступила в редколлегию 06.01.2021 г.

Рецензент:

к.т.н., доцент

Брянского государственного технического университета

Член редколлегии журнала «Эргодизайн»

Рытов М.Ю.

Статья принята к публикации 13.01.2021 г.