

Нуриев Н.К., Старыгина С.Д.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия
E-mail: nurievnk@mail.ru, staryginasd@corp.knrtu.ru

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИДАКТИКА: РАЗРАБОТКА КИБЕР-ФИЗИЧЕСКОГО КОНЦЕПТА В ОБРАЗОВАНИИ

В параметрической дидактике все вопросы организации и реализации обучения рассматриваются на основе системного подхода. Поведение, эффективность, надежность работы любой системы (биологической, дидактической, экономической, технической и т. д.) характеризуется величиной и сбалансированностью состояния ресурсов, которые отражаются в «параметрах порядка» или ключевых параметрах. При этом в самом общем представлении любая динамическая система функционирует по одному и тому же закону: ресурсы входа в систему трансформируются в ресурсы выхода под воздействием ресурсов управления с помощью ресурсов механизма. В исследовании, в качестве динамической системы рассматривается разум, который в современной интерпретации представляет собой нейронную гиперсетевую структуру мозга со своими ресурсами. Разум по своей эволюционной природе – это средство выживания человека в жизнедеятельной среде путем решения проблем. Как постулат можно утверждать, что чем сложнее проблема, тем больше сбалансированных ресурсов разума необходимы для ее решения. В этом контексте, любую систему обучения (дидактическую систему) можно рассматривать как систему актуализации средства выживания на основе приращения ресурсов разума. Параметрическая дидактика – это продолжение дидактики, т. е. наука об эффективной организации и реализации проблемно-развивающего обучения в параметрическом формате, в котором учебная деятельность нацелена на быстрое развитие интеллектуальных ресурсов разума обучающегося, состояние которых формально представлено через комплекс ключевых параметров. Концептуальную модель организации и реализации обучения в параметрическом формате можно представить так: 1. Перед началом обучения, устанавливаются значения ключевых параметров, от актуальных значений которых зависит способность решать проблемы. 2. Формируется проблемно-развивающая учебная среда, где любые вопросы и проблемы оценены в цифрах по сложности. 3. Организуется гибкий педагогический процесс трансформированного в параметрический формат проблемно-развивающего обучения. 4. К процессам мониторинга, принятия решений, управления, подготовки дидактических материалов подключен кибер-ассистент преподавателя.

Ключевые слова: параметрическая дидактика, кибер-физические образовательные системы, параметризация обучения, кибер-ассистент преподавателя.

Nuriev N.K., Starygina S.D.

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
nurievnk@mail.ru, staryginasd@corp.knrtu.ru

PARAMETRIC DIDACTICS: DEVELOPMENT OF THE CYBER-PHYSICAL CONCEPT IN EDUCATION

In parametric didactics, all issues of organizing and implementing training are considered based on a systems approach. The behavior, efficiency, and reliability of any system (biological, didactic, economic, technical, etc.) are characterized by the size and balance of the state of resources, which are reflected in the "order parameters" or key parameters. At the same time, in the most general sense, any dynamic system functions according to the same law: input resources to the system are transformed into output resources under the influence of control resources using the resources of the mechanism. In the study, the mind is considered as a dynamic system, which in the modern interpretation is a neural hypernetwork structure of the brain with its own resources. Reason, by its evolutionary nature, is a means of human survival in the living environment by solving problems. As a postulate, it can be stated that the more complex the problem, the more balanced resources of the mind are needed to solve it. In this context, any training system (didactic system) can be considered as a system for updating the means of survival based on an increase in the resources of the mind. Parametric didactics is a continuation of didactics, i.e. the science of effective organization and implementation of problem-based learning in a parametric format, in which educational activities are aimed at rapid development of intellectual resources of the student's mind, the state of which is formally represented through a set of key parameters. The conceptual model of organization and implementation of learning in a parametric format can be presented as follows: 1. Before the start of learning, the values of key parameters are established, the ability to solve problems depends on the current values. 2. A problem-based learning environment is formed, where any questions and problems are assessed in numbers by complexity. 3. A flexible pedagogical process of problem-based learning transformed into a parametric format is organized. 4. A cyber assistant for the teacher is involved in the processes of monitoring, decision-making, management, and preparation of didactic materials.

Key words: parametric didactics, cyber-physical educational systems, learning parameterization, teacher's cyber-assistant

Введение

Анализ показывает [1, с. 7–13], что с исторического аспекта, кризисная ситуация в образовании всегда актуализируется, когда дидактика и построенные на ее платформе дидактические системы перестают удовлетворять потребностям в кадрах текущую индустрию, т. е. дидактика перестает отвечать на классические вопросы: «Чему учить? Как учить? До чего учить?». На современном этапе развития индустрии (Индустрии 4.0), образовательные системы (особенно инженерного образования) оказались в кризисной ситуации. На практике это означает, что образовательные системы уже принципиально не в состоянии обеспечить кадрами в требуемых количествах и качестве Индустрию 4.0. В частности, на этом этапе развития дидактики, кризисная ситуация возникла из-за сложности проблем, которую порождает индустриальная среда в профессиональной деятельности. В целом, Индустрия 4.0 представляет собой большую и сложную высокопроизводительную кибер-физическую систему [1, с. 18–22], в которой управление и создание ценностей во многих процессах осуществляется при участии нейросети [2]. Бесспорно, что в этой промышленной ситуации возникают потоки сложных проблем тактического и стратегического уровней, которые необходимо решить специалистам, как правило, в темпе быстротекущих производственных процессов. В модели индустриальная среда жизнедеятельности специалиста может быть представлена как борьба его разума с ограниченным количеством ресурсов против потока актуальных профессиональных проблем разной сложности, где специалисту необходимо побеждать, решая эти проблемы для выживания в этой среде. Из всего сказанного следует вывод, что для обеспечения кадрами Индустрии 4.0 необходимы кибер-физические образовательные системы. Эти системы должны быть построены на кибер-физической парадигме, т. е. основаны на информационно-технологической платформе, подразумевающей интеграцию вычислительных ресурсов в физические сущности (биологические, технические). В образовательной практике это означает, что актуальное состояние развития интеллектуальных ресурсных потенциалов разума выпускника, которые отражены в его ключевых параметрах, должны быть выше

сложности профессиональных проблем. Бесспорное преимущество дидактических систем параметрического формата заключается в том, что состояние развития ресурсов разума в этих системах можно диагностировать и эффективно управлять их развитием через гибкую проблемно-развивающую технологию с привлечением нейросетей в интеграции с преподавателем.

Цель исследования: разработать концептуальную модель организации продуктивного проблемно-развивающего обучения в параметрическом формате как эффективную теоретико-методологическую платформу для подготовки кадров в условиях Индустрии 4.0.

Решение проблемы как врожденная инстинктивная процедура разума. Общеизвестно, что инстинкт – передающаяся из поколения в поколение форма врожденного поведения, которое имеет большое значение для выживания. На современном этапе развития нейронауки [3], разум рассматривается как саморазвивающаяся в ходе деятельности в жизнедеятельной среде нейронная гиперсетевая структура мозга. Наш разум в ходе эволюции сформировался как динамическая интеллектуальная система, предназначенная для решения проблем инвариантным проектно-конструктивным способом [4, с. 96–100]. В тоже время, свойства-способности разума любого человека с его ресурсными потенциалами, можно представить через комплекс параметров, значения которых формируют общие и отличительные особенности индивидуальной интеллектуальной системы человека. Общим является единый и известный для любого человека инстинктивный проектно-конструктивный способ решения проблем из трех действий. На практике это означает, что в начале (заранее до реальных действий) мы инстинктивно мысленно «проигрываем-имитируем» решение любой проблемы в своей нейронной гиперсетевой структуре мозга с созданием ментального образа (презентации) результата решения этой проблемы. Бесспорно, что этот способ сформировался в процессе эволюции на основе естественного отбора, как самый эффективный способ выживания человека путем оперативного решения потока проблем. Этим объясняется, что у всех людей на основе разума сформировался и как инстинкт-процедура закрепился этот инвариантный единый

эффективный «прогностический» способ решения любой проблемы. Эта инстинкт-процедура реализуется в когнитивной сфере так. При появлении проблемы, требующего решения, у человека на инстинктивно-интуитивном уровне формируется инвариантная процедура из трех умственных действий, которые необходимы для решения любой проблемы. При этом, если у разума как у динамической системы будет достаточно интеллектуальных ресурсов (знаний, способностей и т. д.) для преодоления сложности проблемы как трудного барьера на пути к цели, то проблема с большой вероятностью на основе этой процедуры будет оперативно решена. Рассмотрим вербальные модели отдельных действий в рамках данной процедуры, основанные на использовании ресурсных потенциалов разума.

Первое действие. На основе своих интеллектуальных ресурсов разума (знаний, способностей и т. д.) советующих текущему уровню развития, человек в рамках реализованных потенциалов (как может) формализует проблемную ситуацию в контексте своих знаний, способностей и психологических особенностей, т. е. он в когнитивной сфере синтезирует ментальную презентацию проблемной ситуации. При этом, одновременно, на базе своих интеллектуальных ресурсов и доступной внешней дополнительной информации из реальности, он снижает уровень неопределенности в презентации и тем самым трансформирует ее в определенные задачи. Поэтому, в конечном счете, ментальная модель проблемной ситуации представляет собой комплекс взаимосвязанных задач, решение которых (как он полагает) эквивалентно решению проблемы. Разумеется, валидность модели реальности, в основном, зависит от актуализированных потенциалов разума, а также мировоззренческой (понятийно-образной) модели «решателя». В комплексе весь интегративный реализованный потенциал разума, который задействован на первом действии, назовем формализационными или А-способностями разума человека на рассматриваемом этапе его развития. На практике формализационные способности человека проявляются как умения строить адекватную концептуальную модель проблемной ситуации в контексте бытия.

Второе действие. В рамках ментальной модели проблемной ситуации, представленной комплексом задач, человек на основе своих интеллектуальных ресурсов разума (знаний, способностей и т. д.) конструирует планы (в целом, нечеткие алгоритмы [5]) решения этих задач. Интегративный реализованный потенциал разума, который используется при конструировании алгоритмов решения этих задач, назовем конструктивными или В-способностями разума человека. Разумеется, на практике эти способности проявляются как умения конструировать планы-алгоритмы последовательности конкретных действий, «привязанных» к реальности, что приводит к решению комплекса задач, а следовательно, в целом и к решению проблемы.

Третье действие. В рамках полученных конструктов (планов, алгоритмов), а также опираясь на свои способности, знания, навыки разума, человек исполняет планы в жизнедеятельной среде и получает результат как реализованный объект целеполагания в этой среде. Интегративный реализованный потенциал разума знаний и способностей, который необходим для исполнения планов в среде, назовем исполнительскими или С – способностями разума для решения проблем.

Разумеется, в реальности все эти действия (на тактическом уровне) корректируются в контексте изменяющейся ситуации в жизнедеятельной среде.

SADT-модель инстинктивной процедуры решения проблемы человеком. В монографии [4, с. 139–142] приводится SADT-модель [5] процедуры решения проблемы человеком на основе разума. При этом разум рассматривается как любая другая динамическая (биологическая, социальная, экономическая, техническая и т. д.) система. Контекстная структурно-функциональная модель разума с выделенными «ключевыми» ресурсами приводится на рис. 1.

Разум как любая динамическая система инвариантно функционирует так: ресурсы (параметр S) ВХОДА преобразуются в ресурсы (параметр X) ВЫХОДА под воздействием ресурсов (параметр C) УПРАВЛЕНИЯ с помощью ресурсов (параметр Z) МЕХАНИЗМА.

Параметры S, C, X, Z – это параметры порядка системы [6], параметры ресурсов которых определяют поведение и эффективность функ-

ционирования этой системы в целом. Как принято во многих науках, их называют ключевыми параметрами. При этом, структуру организации любой сложной системы можно представить как множество объектов в иерархическом формате. В этом случае у системы на каждом иерархическом уровне будут объекты со своими параметрами порядка. Покажем это на примере. Сделаем декомпозицию (детализацию) модели (см. рис. 1) по трем действиям (А – формализация, В – конструирование, С – исполнение), которые были рассмотрены в предыдущем разделе. В методологии SADT при декомпозиции концептуальной (контекстной) модели каждый детализованный блок подпроцесса системы работает в той-же логике движения ресурсов, что и в общем контекстном блоке (рис. 2). Это означает в подпроцессе формализации разум трансформирует проблему сложности S в задачи под управляющим воздействием ресурсов А – формализационных способностей, на основе ресурсов $Z1$ – теоретических знаний ([4, с. 140–143]), выполняющих роль механизма. В этом случае ключевыми параметрами на этом иерархическом уровне у подпроцесса формализации будут: $S, A, Z1, X1$, где $X1$ – первая составляющая результата (см. рис. 2). Далее эта логика повторяется, но с ресурсами другого типа: В – конструктивных; С – исполнительских способностей. В модели через $Z2, Z3$ – обозначены параметры-ресурсы методологических и эмпирических знаний-ресурсов разума, а через D – прочие внешние ресурсы. Результат X – слу-

чайное событие, т. е. на практике может быть пригодным или непригодным результирующим ресурсом на выходе. Разумеется, декомпозицию любого подпроцесса (формализации, конструирования, исполнения) можно (практически бесконечно) продолжать, т. е. сделать дальнейшее уточнение полного и целостного мыследеятельного процесса, но такая детализация ограничена нашими знаниями о составе и иерархической организации способностей разума. Поэтому, вопрос о целесообразности и полезности более «глубокой» структурно-функциональной декомпозиции быстро теряет рациональность. Кроме этого, при «размножении через детализацию» в рамках любой интегративной (А – формализационной, В – конструктивной, С – исполнительской) способности разума человека, проявляются эффекты эмерджентности [7] и синергии [8], что увеличивает уровень неопределенности.

Таким образом, при этой декомпозиции параметрами порядка (без учета промежуточных параметров) будут: $A, B, C, Z1, Z2, Z3, S$, т. е. это ключевые параметры функционирования естественной нейросетевой структуры разума любого человека. При этом, от значений ресурсных реализованных потенциалов этих параметров, будет зависеть успешность решения проблемы. Стохастическую зависимость меры успешности в деятельности, т. е. вероятностную меру $P(X)$ эффективности работы разума при решении проблем до определенной сложности S , можно выразить через неявно заданный функционал $F(*)$ следующим образом



Рисунок 1 – SADT – модель функционирования разума как любой динамической системы

$$P(X) = F(A, B, C, Z1, Z2, Z3, S),$$

где значения $P(X)$ больше или равно 0, но меньше или равно 1.

Бесспорно, что исходя из своего опыта любой человек будет утверждать, чем больше интеллектуальных ресурсов у разума (больше ума) и меньше сложность проблемы, тем больше вероятность (шанс) решить эту проблему. Наряду с эмпирическим объяснением существует и теоретическое обоснование этого утверждения. Не изменяя смысла теоремы Геделя [9], можно ее обобщить и перефразировать так. Всякая развивающаяся система неполная и нецелостная, т. к., очевидно, что если она будет полная и целостная, то развитие прекратиться. Из сказанного следует, что для выживания системы в конфликтующей среде с проблемами до определенного порога сложности, она должна быть условно полной и целостной, но если этот порог увеличится, то выживание системы станет случайным событием. Таким образом, мы пришли к закону необходимого разнообразия (закон Эшби [10]), согласно которому при целенаправленном создании, модернизации или развитии системы, предназначенной для решения какой-либо проблемы необходимо, чтобы сложность создаваемой системы была не меньше сложности решаемой проблемы. Если сказанное отнести к разуму, как к развивающейся

системе, то его ресурсный потенциал должен быть более полный и целостный по сложности своей организации, чтобы наверняка преодолеть порог сложности проблемы. В противном случае, решение проблемы этим разумом станет случайным событием, вероятность решения которого зависит от сложности этой проблемы.

Модель решения проблемы как конфликт между ресурсами разума и проблемы. В модели, проблемную ситуацию можно представить, как конфликтующую ситуацию между актуализированным ресурсным потенциалом разума и сложностью (ресурсным потенциалом) проблемы. Разумеется, при конкретизации, этот конфликт будет проходить только между соответствующими друг другу по номиналу ресурсами. На практике это означает, что конфликт будет проходить между A – формализационными способностями разума и сложностью-трудностью SA – формализации этой проблемы; B – конструктивными способностями и сложностью SB – конструирования планов для решения этой проблемы; C – исполнительскими способностями и сложностью SC – реализации этих планов в жизнедеятельной среде. Разумеется, при этом актуализированный потенциал A, B, C – способностей взаимозависимы.

В модели постулировано, что проблема будет решена с вероятностью $P(X) = 1$, если выполняется комплекс из трех условий: 1. $A = a$ больше или равно $SA = sa$; 2. $B = b$ больше или



Рисунок 2 – Инвариантная SADT – модель декомпозиции мыслительного процесса разума при решении проблемы на три системообразующих подпроцесса

равно $SB = sb$; 3. $C = c$ больше или равно $SC = sc$. Где через a, b, c – обозначены значения актуализированных потенциалов разума, а через sa, sb, sc – обозначены значения потенциалов сложности проблемы. При несоблюдении хотя бы одного из этих условий, значение вероятности $P(X)$ случайного события X – «решил проблему» подсчитывается по специальному алгоритму, исходя из геометрического определения вероятности [4, с. 169–170]. В контексте модели, следует особо подчеркнуть, что латентные A, B, C – способности человека полностью проявляются как свойство его разума при решении проблемы SA, SB, SC – сложности, если его знания достаточно полны ($POL = 100\%$) и

целостны ($CHL = 100\%$) для решения проблемы этой сложности.

Разработка концептуальной модели проблемно-развивающего обучения в параметрическом формате. Как показал почти вековой опыт, педагогическая технология проблемно-развивающего обучения [12, с. 34–37], которая была разработана усилиями многих педагогов, психологов, философов прошлого века, доказала свою эффективность при подготовке кадров для предыдущей индустрии. В эпоху Индустрии 4.0 эффективность технологии снизилась и модернизация на платформе этой парадигмы не подлежит. В результате сформировалась кризисная ситуация, особенно в инженерном образова-

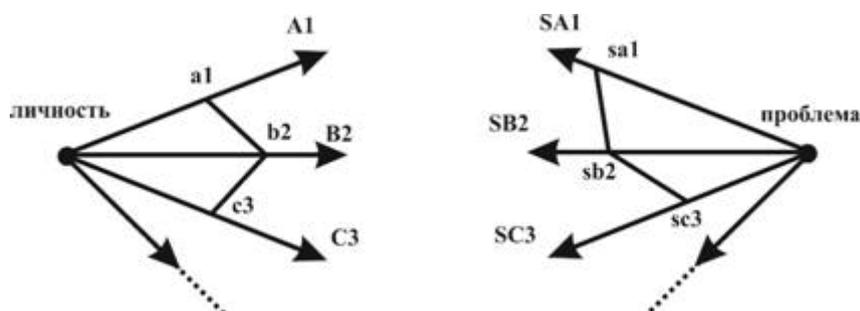


Рисунок 3 – Модель конфликта между ресурсами разума и проблемы по соответствующим номиналам

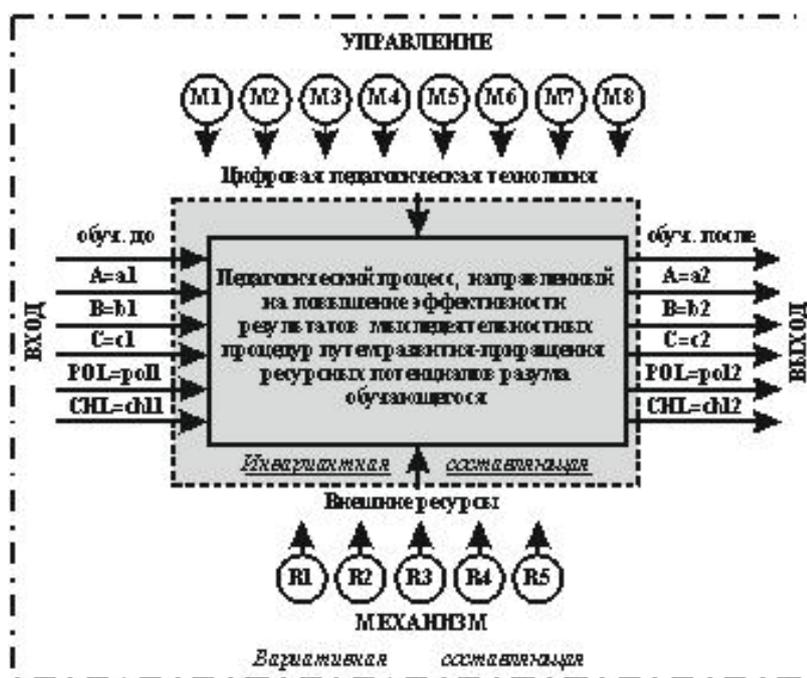


Рисунок 4 – SADT– модель организации обучения по проблемно-развивающей технологии в параметрическом формате

нии, для ликвидации которой требуется смена многовековой аналоговой парадигмы обучения на параметрическую (кибер-физическую). Суть кибер-физической парадигмы в образовании заключается в использовании человеко-машинного комплекса, который формирует реально-виртуальную образовательную среду, имитирующую некоторые аспекты профессиональной жизнедеятельности. Основными участниками такой среды являются преподаватель, обучающийся и кибер-ассистент преподавателя, который берет на себя часть его функций, например, коммуникативных, мониторинговых, принятие решений, управление, прогноза и обеспечение учебно-методическим материалом.

Вербальную концептуальную модель организации проблемно-развивающего обучения в параметрическом формате можно представить так:

1. Перед началом обучения, устанавливаются значения ключевых параметров, ($A = a1$, $B = b1$, $C = c1$, $POI = poi1$, $CHL = chl1$) т. е. значения актуализированных ресурсных потенциалов разума обучающегося, от которых зависит его способность решать проблемы до требуемой в жизнедеятельной среде сложности ($SA = sa$, $SB = sb$, $SC = sc$), используя инстинктивную процедуру решения проблем в три действия.

2. Формируется проблемно-развивающая учебная среда, где любой вопрос и любая проблема оценена в цифрах по сложности [4, с. 158–160].

3. Организуется в параметрическом формате гибкий педагогический процесс проблемно-развивающего обучения через «зоны ближайшего развития» по решению проблем предельно-допустимой сложности – трудности.

4. Ведется мониторинг развития ресурсов A, B, C – способностей, а также качества POI, CHL – полноты и целостности усвоения знаний по ходу подготовки, с целью гибкого управления этим развитием.

5. При необходимости к мониторингу процесса развития обучающихся, управлению обучением и подготовке дидактического материала подключается кибер-ассистент преподавателя.

Как было уже сказано ранее, дидактическая система в параметрическом формате, как любая динамическая система, работает по логике: ресурсы ВХОДА преобразуются в ресурсы ВЫХОДА под влиянием ресурсов $M1, \dots, M8$ УПРАВЛЕНИЯ с помощью ресурсов $R, \dots, R5$ МЕХАНИЗМА.

Достаточно подробное описание использования этой технологии для подготовки IT-инженеров приводится в монографии [4, с. 164–170] и в печатных работах [13]–[15].

Разработана модель применения кибер-физического концепта в образовании, основанная на идее параметризации организации и реализации продуктивного проблемно-развивающего обучения с созданием цифровой среды, нацеленной на быстрое развитие интеллектуальных ресурсных потенциалов разума обучающихся.

08.11.2024

Список литературы:

1. Нуриев, Н.К. Дидактическая инженерия: параметрическое проектирование дидактических систем / Н.К. Нуриев, С.Д. Старыгина. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. – 104 с.
2. Рашид, Т. Создаем нейронную сеть / Т. Рашид : Пер. с англ. – СПб: ООО «Диалектика», 2019. – 272 с.
3. Анохин, К.В. Искусственный интеллект для науки и наука для искусственного интеллекта / К.В. Анохин, К.С. Новоселов, С.К. Смирнов, А.Р. Ефимов, Ф.М. Матвеев // Вопросы философии. – 2022. – № 3. – С. 93–106.
4. Казакова, У.А. Модели, методы и технологии подготовки преподавателей технических вузов и IT-инженеров: монография / У.А. Казакова, Н.К. Нуриев, В.В. Кондратьев, М.Ф. Галиханов, С.Д. Старыгина. – Казань: Изд-во «РАР», 2024. – 192 с.
5. Вершинин, М.И. Применение нечеткой логики в гуманитарных исследованиях / М.И. Вершинин, Л.П. Вершинина // Библиосфера. – 2007. – № 4. – С. 43–47.
6. Мещерякова, А.А. Методология функционального моделирования SADT / А.А. Мещерякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2018. – Т. 6. – № 7 (43). – С. 66–70.
7. Юшин, В.Н. Параметры порядка и управляющие параметры педагогического процесса / В.Н. Юшин, Д.А. Коростелёв // Образование и общество. – 2016. – № 4-5 (99-100). – С. 35–38.
8. Хадарцев, А.А. Об эмерджентности в живых системах и идеях Уилера / А.А. Хадарцев // Вестник новых медицинских технологий – 2019 – Т. 26, №1 – С. 129–132.
9. Князева, Е.Н. Основания синергетики: Синергетическое мировидение / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – Изд. Стереотип. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 256 с.
10. Успенский, В.А. Теорема Геделя о неполноте / В.А. Успенский. – М.: Наука, 1982. – 110 с.
11. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М.: URSS, 2017. – 430 с.
12. Ибрагимов, Г.И. Проблема закономерностей и принципов обучения в отечественной педагогике: монография / Г.И. Ибрагимов. – Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2018. – 68 с.

13. Старыгина, С.Д. Разработка цифровой платформы для проектирования киберфизических дидактических систем / С.Д. Старыгина // Современные наукоёмкие технологии. – 2023. – № 3. – С. 108–114.
14. Старыгина, С.Д. Педагогическая параметризованная технология подготовки инженеров для индустрии 4.0 / С.Д. Старыгина, Н.К. Нуриев // Казанская наука. – 2024. – № 2. – С. 115–120.
15. Нуриев, Н.К. Параметрическая дидактика как теоретико-методологический инструментарий для подготовки кадров индустрии 4.0 / Н.К. Нуриев, С.Д. Старыгина, В.В. Кондратьев // Казанская наука. – 2024. – № 2. – С. 13–20.

References:

1. Nuriev N.K., Starygina S.D. (2020) *Didactic Engineering: Parametric Design of Didactic Systems*. Kazan: Publishing Center «School», 104 p.
2. Rashid T. (2019) *Create Your Own Neural Network*. Translated from English. St. Petersburg: Dialectica LLC, 272 p.
3. Anokhin K.V., Novoselov K.S., Smirnov S.K., Efimov A.R., Matveev F.M. (2022) Artificial Intelligence for Science and Science for Artificial Intelligence. *Philosophy Issues*, No. 3, pp. 93-106.
4. Kazakova U.A., Nuriev N.K., Kondratyev V.V., Galikhhanov M.F., Starygina S.D. (2024) *Models, Methods, and Technologies for Training Technical University Teachers and IT Engineers*: Monograph. Kazan: RAR Publishing House, 192 p.
5. Vershinin M.I., Vershinina L.P. (2007) Application of Fuzzy Logic in Humanitarian Research. *Bibliosphere*, No. 4, pp. 43-47.
6. Meshcheryakova A.A. (2018) Methodology of Functional Modeling SADT. *Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice*, Vol. 6, No. 7 (43), pp. 66-70.
7. Yushin V.N., Korostelyov D.A. (2016) Order Parameters and Control Parameters of the Pedagogical Process. *Education and Society*, No. 4-5 (99-100), pp. 35-38.
8. Khadartsev A.A. (2019) On Emergence in Living Systems and Wheeler's Ideas. *Bulletin of New Medical Technologies*, V. 26, No. 1, pp. 129-132.
9. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. (2009) *Foundations of Synergetics: Synergetic Worldview*. Stereotype Edition. Moscow: LIBROKOM Book House, 256 p.
10. Uspensky V.A. (1982) *Godel's Theorem of Incompleteness*. Moscow: Nauka, 110 p.
11. Ashby W.R. (2017) *Introduction to Cybernetics*. Moscow: URSS, 430 p.
12. Ibragimov G.I. (2018) *The Problem of Laws and Principles of Teaching in Domestic Pedagogy*: Monograph. Kazan: School Publishing and Editing Center, 68 p.
13. Starygina S.D. (2023) Development of a Digital Platform for Designing Cyber-Physical Didactic Systems. *Modern High-Tech Technologies*, No. 3, pp. 108-114.
14. Starygina S.D., Nuriev N.K. (2024) Pedagogical Parametrized Technology for Training Engineers for Industry 4.0. *Kazan Science*, No. 2, pp. 115-120.
15. Nuriev N.K., Starygina S.D., Kondratyev V.V. (2024) Parametric Didactics as a Theoretical and Methodological Toolkit for Training Personnel for Industry 4.0. *Kazan Science*, No. 2, pp. 13-20.

Сведения об авторах:

Нуриев Наиль Кашапович, профессор кафедры информатики и прикладной математики
Казанского национального исследовательского технологического университета, доктор педагогических наук
E-mail: nurievnk@mail.ru
SPIN: 6183-2786, AuthorID: 527783, Scopus Author ID: 6507434775,
ResearcherID: B-1542-2016, ORCID: 0000-0002-9557-5493

Старыгина Светлана Дмитриевна, директор института управления,
автоматизации и информационных технологий
Казанского национального исследовательского технологического университета,
кандидат педагогических наук
E-mail: staryginasd@corp.knrtu.ru
SPIN: 6986-6337, AuthorID: 237000, Scopus Author ID: 56115176400,
ResearcherID: E-5245-2014, ORCID: 0000-0002-3401-6452