

УДК 004.9

НОВЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

ПРОКОПЧУК Ю. А.^{1*}, *д.т.н., доцент,*
БЕЛЕЦКИЙ А. С.^{2*}, *к.т.н., доцент,*
БРАЗИНСКАЯ С. В.^{2*}, *ст. преп.*

^{1*} Кафедра информационно-измерительных технологий и систем, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, e-mail: itk3@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8544-1838.

^{2*} Кафедра специализированных компьютерных систем, Украинский государственный химико-технологический университет, пр. Гагарина, 8, 49005, Днепр, Украина, e-mail: alexverba@yandex.ua

Аннотация. *Цель.* Существующие технологии образования нацелены на развитие вербальной компоненты мышления с опорой на искусственные логические схемы. При этом интуитивно-образное мышление, основой которого является естественная логика, практически целенаправленно не развивается. Такое положение обусловлено, прежде всего, отсутствием адекватных математических моделей адаптивного бессознательного, которые раскрывали бы генезис имплицитного (неотделимого) знания. Целями данной работы является: (1) построение математической модели имплицитного формирования «тонких срезов» (предельного смысла) в задачах различения (диагностики, прогнозирования, управления); (2) формулировка новой экологической парадигмы образования; (3) разработка методологии построения когнитивных тренажеров. **Методика.** Моделировать работу интуитивно-образной компоненты субъекта, включая принятие решений, авторы предлагают на основе естественной логики в рамках парадигмы предельных обобщений. Естественная логика приводит к зарождению рациональности как адаптивного инструмента, который не идентичен правилам формальной и нечеткой логики, а также правилам вероятностного исчисления. **Результаты.** В рамках любой Z-задачи различения на основе банка тестов (банка квалиа) определяется когнитивный оператор категоризации, с помощью которого имплицитно формируется гносеологический ряд. Продвижение вдоль ряда означает рост Z-компетентности. Пределом ряда является «тонкий срез», содержащий инварианты «внутренние коды», с помощью которых кодируются образы мира. Недостижение предела ведет к когнитивной дефицитности. **Научная новизна.** На основе парадигмы предельных обобщений разработаны системные основания когнитивных образовательных технологий, позволяющих преодолевать когнитивную дефицитность и, следовательно, готовить специалистов экспертного уровня. **Практическая значимость.** Предложенная модель является методологической основой создания новых экологических методик образования, развивающих, прежде всего, интуитивно-образную компоненту мышления. Кроме того, модель подсказывает пути создания когнитивных тренажеров широкого спектра.

Ключевые слова: когнитивный подход; формирование компетенций; интуитивно-образное мышление; творчество; естественная логика; парадигма предельных обобщений

НОВІ МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ

ПРОКОПЧУК Ю. О.^{1*}, *д.т.н., доцент,*
БІЛЕЦЬКИЙ О. С.^{2*}, *к.т.н., доцент,*
БРАЗИНСЬКА С. В.^{2*}, *ст. преп.*

^{1*} Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: itk3@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8544-1838

^{2*} Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний хіміко-технологічний університет, пр. Гагаріна, 8, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: alexverba@yandex.ua

Анотація. *Мета.* Існуючі технології освіти націлені на розвиток вербальної компоненти мислення з опорою на штучні логічні схеми. При цьому інтуїтивно-образне мислення, основою якого є природна логіка, практично цілеспрямовано не розвивається. Таке положення обумовлене, передусім, відсутністю адекватних математичних моделей адаптивного несвідомого, які розкривали б генезис імпліцитного (невід'ємного) знання. Цілями цієї роботи є: (1) побудова математичної моделі імпліцитного формування "тонких зрізів" (граничного сенсу) в завданнях розрізнення (діагности, прогнозування, управління); (2) формулювання нової екологічної парадигми освіти; (3) розробка методології побудови когнітивних тренажерів. **Методика.** Моделювати роботу інтуїтивно-образної компоненти суб'єкта, включаючи ухвалення рішень, автори пропонують на основі природної логіки у рамках парадигми граничних узагальнень. Природна логіка призводить до зародження раціональності як адаптивного інструменту, який не ідентичний правилам формальної і нечіткої логіки, а також правилам імовірнісного числення. **Результати.** У рамках будь-якої Z- завдання розрізнення на основі банку тестів (банка квалиа) визначається когнітивний оператор категоризації, за допомогою якого імпліцитно формується гносеологічний ряд.

Просування уздовж ряду означає зростання Z-компетентності. Межею ряду є "тонкий зріз", що містить інваріанти "внутрішні коди", за допомогою яких кодуються образи світу. Недосягнення межі веде до когнітивної дефіцитарності. **Наукова новизна.** На основі парадигми граничних узагальнень розроблені системні підстави когнітивних освітніх технологій, що дозволяють долати когнітивну дефіцитарність і, отже, готувати фахівців експертного рівня. **Практична значимість.** Запропонована модель є методологічною основою створення нових екологічних методик освіти, що розвивають, передусім, інтуїтивно-образну компоненту мислення. Крім того, модель підказує шляхи створення когнітивних тренажерів широкого спектру.

Ключові слова: когнітивний підхід; формування компетенцій; інтуїтивно-образне мислення; творчість; природна логіка; парадигма граничних узагальнень

NEW METHODS FOR MATHEMATICAL SIMULATION OF THE DYNAMICS OF COMPETENCE FORMATION IN THE EDUCATION PROCESS

PROKOPCHUK Y. A.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Co-Prof,*
BELETSKIY A. S.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Co-Prof,*
BRAZYNSKAYA S. V.^{2*}, *Univ. teacher*

^{1*} Department of Information Measurement Technology and System, Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-A, Chernishevskogo str., Dnepr, 49600, Ukraine, e-mail: itk3@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8544-1838

^{2*} Department of Specialized Computer Systems, Ukrainian State University of Chemical Technology, 8, Gagarin avenue, Dnepr, 49005, Ukraine, e-mail: alexverba@yandex.ua

Abstract. Purpose. Existing educational technologies are aimed at developing the verbal component of thinking on the basis of artificial logical schemes. In doing so, there is little, if any, purposeful development of intuitive image thinking, which is based on natural logic. This is due, first of all, to the lack of adequate mathematical models of the adaptive unconscious, which would reveal the genesis of implicit inherent knowledge. The aim of this work is (1) the construction of a mathematical model of implicit formation of "thin sections" (limiting sense) in discrimination problems (diagnosis, forecasting, management), (2) the formulation of a new ecologic paradigm of education, and (3) the development of a methodology for cognitive simulator construction. **Methodology.** The authors propose that the work of intuitive image component of an individual, including decision making, be simulated on the basis of natural logic in the framework of a limiting generalization paradigm. Natural logic leads to the origination of rationality as an adaptive tool, which is not identical to the rules of formal or fuzzy logic or to the rules of probability calculus. **Findings.** In any Z-problem of discrimination of the basis of a test bank (qualia bank), a cognitive categorization operator is defined, and, using it, an epistemological series is implicitly formed. Advancement along the series means a growth of Z-competence. The limit of the series is a "thin section" containing invariants ("internal codes"), with the help of which images of the world are coded. A failure to reach the limit results in cognitive deficiency. **Originality.** The limiting generalization paradigm made it possible to develop the system basics of educational technologies that allow one to overcome cognitive deficiency and thus to educate expert-level specialists. **Practical value.** The proposed model is a methodological basis for the development of ecologic educational techniques, which would develop, first of all, the intuitive image component of thinking. The model also suggests ways to develop broad-spectrum cognitive simulators.

Keywords: cognitive approach; competence formation; intuitive and creative thinking; creativity; natural logic; paradigm of limiting generalizations

Введение

Хотя знание сегодня и признается в качестве одного из основных ресурсов для получения производственных, экономических, социальных и жизненных результатов в деятельности человека, компании, общества, но управление этим ресурсом ещё не рассматривается как фундаментальная проблема, выходящая за рамки компетенций отраслевых специалистов и итогов их практического опыта [1 - 11]. Что же мешает переходу от обыденного опыта к фундаментальному знанию в области управления знаниями (знанию второго порядка)? Чем отличается «хорошее» мышление

(критическое, по терминологии Д. Халперн [10]) от «плохого»? Каковы пути и способы выработки адекватного (неотделимого, «живого») знания и структур знаний в процессе обучения? Конструктивные ответы на данные вопросы позволят перейти к экологической (когнитивной) парадигме образования, максимально раскрывающей внутренний потенциал человека [1 - 11].

Несмотря на известный тезис - «Школа должна учить мыслить», традиционная школа учит принятию решений в рамках «антипсихологических» формальных схем [6], что приводит к неадекватному применению знаний и в результате — их пониженной производительности. В результате такого образования возникает *когнитивная*

дефицитарность – неспособность субъекта достигать определенного знания или решения, так как существует рассогласование между актуальным уровнем когнитивных способностей и требованием ситуации (задачи или проблемы) [8]. Одной из причин формирования такой ситуации является фактор возрастания нередуцируемой сложности знания – это пороговая характеристика сложности представления, ниже которой перестают наблюдаться основные системные свойства представляемой реальности. То, что специалист находится ниже этого порога легко идентифицировать по проводимым профанным редукциям, т.е. отбрасыванию специалистом при решении значимых фактов и сторон рассматриваемой задачи для приведения задачи к доступному уровню сложности [8]. Такие профанные редукции осуществляет большинство специалистов в действующей модели научного знания [3, 6, 8].

Одной из инновационных технологий, которая помогает учащемуся не только усвоить определенный объем знаний, но и способствует развитию его личностных, креативных качеств, творчества является технология формирования и развития «критического мышления» (КМ) [10]. КМ входит в общую структуру мышления в процессе познания и считается мышлением высшего порядка. Методика развития КМ должна опираться на положения теории. Согласно [10] «Теория развития КМ» – это система взаимосвязанных утверждений и доказательств про свойства, состав, функции, возникновение, развитие и использование КМ, а также его значение в жизни человека. Однако основным недостатком существующих подходов к развитию КМ является отсутствие формальных моделей познания, творчества, адаптивного бессознательного. Последний элемент, несмотря на его исключительную важность и первичность по отношению к логике, *менее всего представлен в КМ*. Существующие подходы в рамках математической теории обучения (научения) [2] также не раскрывают глубинные механизмы бессознательного, интуитивно-образного, до-формального мышления.

Успешность и эффективность решения сложных и новых задач в сверхнеопределенной среде (ключевая когнитивная компетентность) по меткому выражению канадского исследователя М. Гладуэлла [9] зависит от овладения искусством «тонких срезов» — умения выделять из огромного числа переменных малое количество значимых факторов. Это способность нашего бессознательного находить закономерности в ситуациях и поведении, опираясь на чрезвычайно тонкие слои пережитого опыта.

Необходимо понять и построить математическую модель технологии эволюционного формирования «тонких срезов» в задачах различения [4 - 7].

Цель

Целями данной работы является: (1) построение математической модели имплицитного

формирования «тонких срезов» (предельного смысла) в задачах различения (диагностики, прогнозирования, управления); (2) формулировка новой экологической парадигмы образования; (3) разработка методологии построения когнитивных тренажеров.

В рамках новой парадигмы нас будут интересовать до-логическая, до-языковая, преимущественно бессознательная форма мышления, процесс формирования имплицитного опыта, а также генезис феномена управление и естественной логики (Natural logic). Требуется создать *точное глубинное представление* о возникающих имплицитных знаниях. Эти подходы созвучны идеям «критического мышления», где, в первую очередь, нужно «учить мыслить», в том числе «мыслить о смысле», «мыслить о своем мышлении» [10]. На первый план реально, а не декларативно выдвигается проблема не «чему учить», а проблема «как учить». Причем в первую очередь требуется развить глубинные механизмы познания индивидуума, не связанные напрямую с языковой деятельностью.

Методика

Моделировать работу интуитивно-образной компоненты субъекта, включая принятие решений, авторы предлагают на основе *естественной логики* в рамках *парадигмы предельных обобщений* (ППО) [4 - 7]. Естественная логика приводит к зарождению рациональности как адаптивного инструмента, который не идентичен правилам формальной логики или вероятностного исчисления [11]. Раскроем суть естественной логики.

Считается [1], что человек обладает способностью автоматически определять субъективные параметры порядка произвольных ситуаций действительности и использовать эти параметры для управления. Пример – врачебная диагностика. Найденные параметры порядка могут рассматриваться как *внутренние коды* «модели мира» субъекта. Их использование является ключевой чертой живых разумных систем [1, 6]. Сложная ситуация *понята*, если она представлена (интерпретирована) во внутренних кодах. Формирование кодов и функциональных систем (ФС) на их основе (навыков) – это длительный процесс приобретения профессионального и бытового опыта.

«Тонкий срез» в рамках любой Z-задачи различения представляет собой совокупность инвариантов «внутренние коды» (ВК), на базе которых формируются базисы предельных моделей знаний (базисы ПМЗ). Некоторые ВК описывают параметры порядка ситуаций действительности. Базисы ПМЗ решают Z-задачу. Их работа – процесс решения Z-задачи различения – это спонтанный процесс, регулируемый только наличными ресурсами (энергией), т.е. протекает, как правило, «бессознательно» (вне логического контроля). ВК могут выступать в качестве цели управления, обеспечивая единство решения задач различения и

управления. Построена математическая модель данных процессов [4 - 7].

Когнитивной подход накладывает существенные ограничения на выбор инструментов моделирования, так как когнитивные модели приобретают фундаментальную значимость благодаря своей способности органично вписываться в рамки доконцептуальной структуры. В когнитивных моделях интуитивно-образного мышления нельзя использовать традиционные математические логики и сложные дедуктивные рассуждения, теорию вероятностей и ее варианты, математическую статистику, традиционный нечеткий подход (как одноуровневый подход), традиционную оптимизацию (по этой причине мозг является плохим арифмометром). Опирается можно только на фундаментальные законы Универсума (физические, химические и биологические) [6].

Результаты

Рассмотрим фрагмент общей модели [6]. Предполагается, что произвольную ситуацию действительности (прецедент, систему, процесс) можно описать с помощью множества элементарных тестов, представимых в виде «тест = значение». Тесты являются моделями квалиа. Результаты любого теста τ могут выбираться из разных доменов T (множеств значений), которые образуют орграф доменов с активностью $G(\tau) = \{T \rightarrow_e T'\}_\tau$, где e – активность (энергия) В совокупности орграфы образуют *Банк тестов* $\{G(\tau)\}$, который задает полимодальную систему измерений с интерпретацией. Для решения той или иной когнитивной задачи (Z -задачи) формируется множество прецедентов с известными исходами $\Omega = \{\alpha\{\underline{a}/T\}, \underline{z}/Z\}$, где $Z = \{1, \dots, N\}$ – множество заключений (различий, диагнозов, прогнозов, управлений); $\{\underline{a}/T\}$ – множество значений тестов. Z -задачи вместе с другими тестами формализуют акты различения (дифференциации).

Пусть $\{V(\underline{a}/A), \underline{z}/Z\}$ – закономерности в рамках контекста $K = \langle \Omega, \{G(\tau)\} \rangle$, позволяющие однозначно установить заключение \underline{z}/Z , а $\{\Phi^V\}$ – множество всех операций обобщения закономерностей в рамках контекста K , представляющие собой элементарные акты познания. Когнитивный аналог оператора Хатчинсона на множестве операций $\{\Phi^V\}$ определим следующим образом [6]:

$$W(\{V\}) = \{W(V) \mid V \in \{V\}\}, \quad W(V) = (\{V' \mid V \rightarrow_{\Phi^V} V', \Phi^V \in \{\Phi^V\}\}, \text{if } |\{V'\}| \neq \emptyset \vee (V, \text{if } |\{V'\}| = \emptyset),$$

где операция ‘ \vee ’ означает «исключающее или» (если ни одну операцию обобщения применить к V не удалось, то результатом W является сама закономерность V). Ясно, что $\forall \{S^*\} W(\{S^*\}) = \{S^*\}$, где S^* – предельные синдромы (закономерности V , которые нельзя обобщить).

Пусть $H(\{V\}_{Full})$ – множество непустых подмножеств $\{V\}_{Full}$, тогда когнитивный аналог оператора Хатчинсона W описывает

детерминированную дискретную динамическую систему с пространством состояний $H(\{V\}_{Full})$ и преобразованием W . Если W^n – композиция порядка n оператора W , то последовательность множеств, полученную в результате итерирования $\{V\}$, т.е. $\{\{V\}, W(\{V\}), W^2(\{V\}), \dots, W^n(\{V\}), \dots\}$ называется *смысловой орбитой* $\{V\}$. Объединение множеств $W^n(\{V\}_0) \quad n=0,1,2,\dots$ дает полную совокупность идеальных закономерностей:

$$\{V\}_{Full} = \cup_{n=0,1,2,\dots} W^n(\{V\}_0), \\ \{V\}_0 = \{\{\underline{a}/T_0\}_\alpha \rightarrow (\underline{z}/Z)_\alpha \mid \alpha \in \Omega(\{\tau/T_0\}, Z)\}.$$

Пределом смысловой орбиты является полное множество всех предельных синдромов (впоследствии – ВК), а именно:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} W^n(\{V\}_0) = \{S^*\}_{Full}.$$

Общую схему категоризации («стрелу познания», конденсацию смысла) представим в виде:

$$\{V\}_0 \rightarrow W(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow \{S^*\}_{Full} \rightarrow \{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}, \quad E_Z \geq 0,$$

где E_Z – энергия (параметр порядка), $\{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}$ – базис предельных моделей знаний (ПМЗ). Финальные базисы ПМЗ являются *инвариантами высокого порядка в структуре задачи* и формализуют концепт «тонкого среза». Замена одной ПМЗ на другую ведет к полной перестройке включенной в решение задачи функциональной системы. Подвижная динамическая структура базисов ПМЗ, формируемая вероятностным участием в них отдельных элементов, обуславливает большую гибкость и легкость перестроек межэлементных связей; эти перестройки объясняют высокую пластичность, характерную для «нервных» механизмов высших отделов мозга.

«Стрела познания» реализует ключевое умение выделять только *существенную информацию*, невзирая на объем базы прецедентов. Считается, что именно в *фильтрации существенного лежит ключ к пониманию принципов*, по которым будет работать Ambient Intelligence.

Недостижение пределов в рамках «стрелы познания» или неразвитость банка квалиа (персонального оператора категоризации) обуславливают когнитивную дефицитарность.

Концепты «стрела познания» формируют более сложный концепт «спираль познания», который учитывает периодическую фальсификацию знаний. Результатом «спирали познания» являются искомые инварианты «внутренние коды» [6]. Модели «стрела познания» и «спираль познания» раскрывают имплицитный механизм формирования Z -компетентности (решения Z -задачи различения). Все ресурсы решения Z -задачи различения объединяются в модуль компетентности.

В контексте обучения встает важный вопрос: можно ли передать субъекту (ученику) итоговые (неотделимые, «живые») предельные знаниевые структуры, минуя этапы формирования этих структур? В общем случае ответ отрицательный. Все этапы эволюции знаний от $\{V\}_0$ к $\{S^*\}$ и далее к базису ПМЗ субъект должен пройти самостоятельно,

только в этом случае формируются необходимые когерентные структуры когнитивной сферы.

В работе [6] рассматриваются вопросы радикального ускорения формирования ВК и повышения интересубъективной надежности ВК на основе использования когнитивных тренажеров.

Опишем процесс автоматического и имплицитного формирования «коннектома» на основе банка тестов $\{G(\tau)\}$ [6]. Термин «коннектом» родился в 2005 году. Им обозначили полное описание структуры связей в нервной системе человека. Коннектом объясняет, почему мозг обдает такой потрясающей автоассоциативностью.

Пусть имеется кадр данных $\{\tau/T_0\}$ и банк тестов $\{G(\tau)\}$. Без потери общности примем, что каждый тест входит в кадр не более одного раза. Поток данных представляет собой текущую совокупность всех кадров $\cup_i\{\tau/T_0\}$.

Имплицитное обучение без учителя на основе потока данных с кадром $\{\tau/T_0\}$ означает следующее: 1) фиксируется текущее множество данных; 2) фиксируется произвольный тест $z \in \{\tau\}$; 3) фиксируется произвольный домен Z из $G(z)$; 4) все данные z -теста в потоке $\cup_i\{\tau/T_0\}$, преобразуются к домену Z , следовательно, возникает Z -задача с базой прецедентов $\Omega = \cup_i\{\tau/T_0\}$; 5) для возникшей Z -задачи формируются базисы моделей знаний. Процедура повторяется для всех $z \in \{\tau\}$ и всех доменов Z из $G(z)$. После добавления нового кадра весь процесс повторяется заново. В результате обновляются все авто/гетеро-ассоциативные модели знаний «коннектома» субъекта.

Возбуждение части тестов-квалиа через тысячи связей с другими тестами «коннектома» способно почти моментально вызвать богатейшую сеть ассоциаций. Модельный «коннектом», как и био-коннектом, иллюстрирует авто/гетеро-ассоциативность, распределенность, робастность и активность памяти. Задачи «вшиты» в «коннектом» и генерируются автоматически (аналог «подсознательной» активности мозга).

Научная новизна и практическая значимость

На основе парадигмы предельных обобщений построена формальная модель возникновения и развития новых модулей компетентности для решения задач различения нового уровня сложности (актуализация задач с высокой нередуцируемой сложностью).

Показано, что «стрела познания» формирует *гносеологический ряд* в индивидуальном познании, обеспечивая движение «от незнания к знанию». Границы гносеологического ряда определяют категории «ложное» (неадекватное знание) и «истинное», между ними располагаются гносеологические результаты, отражающие

различные степени приближения к (субъективной) истине. Появлению промежуточных результатов в познании способствует саморазвитие субъекта. Тем самым раскрывается глубинный механизм генезиса имплицитных (неотделимых) знаний в рамках естественной логики (и вычислительной эпистемологии).

Классифицированы ситуации когнитивной катастрофы текущего развития, определяемые как дефицит наличных когнитивных ресурсов (в частности, дефицит ресурсов «коннектома») [6].

В единой модели отображены все возможные варианты «скачков» переклочения активности между разными схемами различения, управления («скачки» активности внутри ПМЗ между синдромами и «скачки» активности в рамках базиса ПМЗ между ПМЗ в процессе решения Z -задачи различения). Подобные «скачки» приводят к резкой и часто внешне малозаметной смене «локальной картины мира», определяющей текущее поведение субъекта.

Предложенная модель является методологической основой создания когнитивных тренажеров широкого спектра [4 - 7].

Выводы

1. Представленные модели позволяют приблизиться к цельному пониманию в теории интеллекта фундаментальных процессов объединения, синтеза и появления новой (субъективной) информации.

2. Достижение пределов в рамках «стрелы познания» («технологии лифта через пороги сложности») – выделение параметров порядка ситуаций – приводит к изменениям в когнитивной сфере человека, позволяющим преодолеть потолок сложности, доступной нормативному интеллекту действующей модели специалиста.

3. Передача неотделимых знаний невозможна без самоосмысления полученной информации, без самостоятельного открытия ее содержания. Учащийся должен на бессознательном уровне «запрограммировать» новую синергию в виде «стрелы познания». Общность же доступных разным субъектам систем кодирования достаточно единообразной для каждого из них информации, позволяет им лишь облегчить процесс передачи и освоения навыков.

4. Созревание, когерентность и автоассоциативность в рамках «коннектома» субъекта, а также синдромный принцип управления [6] являются основой естественной логики, на приоритетное развитие которой направлена новая парадигма образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Когнитивный вызов и информационные технологии / Г. Г. Малинецкий, С. К. Маненков, Н. А. Митин, В. В. Шишов // Вестник РАН. – 2011. – Т. 81, № 8. – С. 707–716.
2. Майер, Р. В. Моделирование как метод изучения дидактических систем // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2016. №9 (10). С. 227–234. /DOI: 10.5281/zenodo.154300. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/maier>. – Загл. с экрана. – Проверено 15.09.2016
3. Меськов, В. С. Когнитивно-компетентностная парадигма образования / В. С. Меськов, А. А. Мамченко // Школьные технологии. – 2011. – № 3. – С. 46 – 62.
4. Прокопчук, Ю. А. Когнитивные информационные технологии в задачах управления и принятия решений: проблемы и решения / Ю. А. Прокопчук // Соціально-економічний та технічний розвиток підприємств: проблеми, рішення, оцінка ефективності: колективна монографія. /за заг. ред. Савчук Л. М. – Дніпропетровськ : Пороги, 2016. – С. 513 - 525.
5. Прокопчук, Ю. А. Модели когнитивных архитектур и процессов на основе парадигмы предельных обобщений / Ю. А. Прокопчук // Кибернетика и вычисл. техника. – 2013. – Вып. 171. – С. 37–51.
6. Прокопчук, Ю.А. Парадигма предельных обобщений: модели когнитивных архитектур и процессов / Ю. А. Прокопчук. - Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 204 с.
7. Прокопчук, Ю. А. Принцип предельных обобщений: методология, задачи, приложения: монография / Ю. А. Прокопчук. – Днепрпетровск: Ин-т технической механики НАНУ и НКАУ, 2012.– 384 с.
8. Burov, V. The Man on the Border of the Potential and Actual: The Performance of Knowledge, Technology of the Second Order / V. Burov, A. V. Burova. // Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 86, 2013. – P. 165-171.
9. Gladwell, M. Blink: The Power of Thinking Without Thinking / M. Gladwell. — Back Bay Books, 2007. — 320 p.
10. Halpern, D. F. Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking (5th Edition) / D. F. Halpern, - NY: Psychology Press, 2014. – 451 p.
11. Maldonato, M. Natural Logic: Exploring Decision and Intuition / M. Maldonato, S. Dell'Orco. – UK: Sussex Academic Press, 2011. - 112 p.

REFERENCES

1. *Kognitivnyy vyzov i informatsionnyye tekhnologii* [The Cognitive Challenge and Information Technology]/ G. G. Malinetskiy. S. K. Manenkov. N. A. Mitin. V. V. Shishov // Vestnik RAN [Herald of the Russian Academy of Sciences]. – 2011. – T. 81. № 8. – S. 707–716. (in Russian)
2. Mayer R.V. *Modelirovaniye kak metod izucheniya didakticheskikh sisem* [Modeling as a method of the didactic system research] // Bulletin of science and practice, 2016. №9 (10). Pp. 227–234. DOI: 10.5281/zenodo.154300. Available at: <http://www.bulletennauki.com/maier>. (in Russian)
3. Meskov V.S. and Mamchenko A.A. [Cognitive and Competence Paradigm of Education]. *Shkolnye tekhnologii* [School Technologies] 3 (2011): 46—62. . (in Russian)
4. Prokopchuk Yu. A. *Kognitivnyye informatsionnyye tekhnologii v zadachakh upravleniya i prinyatiya resheniy: problemy i resheniya* [Cognitive information technologies in management tasks and decision-making: problems and solutions]/ Yu. A. Prokopchuk // Sotsialno-ekonomichnyi ta tekhnichnyi rozvitok pidpriemstv: problemi. rishennya. otsinka effektivnosti: kolektivna monografiya. – Dnipropetrovsk : Porogi Publ. 2016, pp. 513 - 525. . (in Russian)
5. Prokopchuk, Yu. A. . *Modeli kognitivnykh arkhitektur i protsessov na osnove paradigm predelnykh obobshcheniy* [Models of cognitive architectures and processes on the basis of a paradigm of limiting generalizations]. Cybernetics and computer engineering, 2013, issue 171, pp 37–51. (in Russian)
6. Prokopchuk Yu.A. *Paradigma predelnykh obobshcheniy: modeli kognitivnykh arkhitektur i protsessov* [The paradigm of limiting generalizations: models of cognitive architectures and processes]. - Saarbrücken. Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. – 204 p. (in Russian)
7. Prokopchuk, Yu. A. *Printsip predelnykh obobshcheniy: metodologiya, zadachi, prilogeniya* [Principle of Limiting Generalizations: Methodology, Problems, and Applications]. Monograph. Dnepropetrovsk, Institute of Technical Mechanics of the NAS of Ukraine Publ., 2012, 384 p. (in Russian)
8. Burov V. and A. V. Burova *The Man on the Border of the Potential and Actual: The Performance of Knowledge, Technology of the Second Order* // Procedia - Social and Behavioral Sciences. Volume 86, 2013, Pp. 165-171.
9. Gladwell M. *Blink: The Power of Thinking Without Thinking* . — Back Bay Books, 2007, 320 p.
10. Halpern, D. F. *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5th Edition),. - NY: Psychology Press, 2014, 451 p.
11. Maldonato M.and Dell'Orco S. *Natural Logic: Exploring Decision and Intuition*. – UK: Sussex Academic Press, 2011, 112 p.