



Таксономия учебных целей с позиций ментального подхода

Цель. Цифровая трансформация образования определяет необходимость переосмысления целей и смыслов учебного процесса и, в настоящее время, связана с проблемами современности, расширением роли искусственного интеллекта.

Работа посвящена представлению таксономии учебных целей с позиций ментальной модели мышления, позволяющую проектировать новые образовательные результаты при цифровой трансформации образования.

Методология и методы. В отличие от таксономии Блума, главной целью современного образования является формирование и развитие вычислительного мышления. Основой для построения таксономии учебных целей служит ментальный подход, представляющий совокупность принципов и стратегий организации образовательного процесса, нацеленных на формирование и развитие когнитивных способностей обучаемого. Для выявления сущности вычислительного мышления применяется ментальная модель мышления, в которой когнитивные функции определяются механизмами восприятия, запоминания, структурирования и извлечения информации. В этой модели знания представляют структурную совокупность ментальных образов, ментальных схем и ментальных моделей с опорой на 1, 2, и 3-ю сигнальные системы.

Результаты. Рассмотрение ментальных особенностей современного человека в цифровом обществе, определение 3-й сигнальной системы в связке «человек + ИКТ + искусственный интеллект», в которой основную роль играют ментальные схемы и ментальные модели, позволило сформулировать этапность целевых установок образовательного процесса в виде таксономии учебных целей.

Таксономия учебных целей начинается с заданием ментальной энтропии — как предметным полем будущей профессиональной

деятельности специалиста, содержащим вопросы, задачи и проблемы. Они могут быть сформулированы традиционными учебными целями в виде: знать, уметь, владеть. Конкретизация этих целей приводит к целевым ориентирам по составу, объему и содержанию предметных ментальных образов, ментальных схем и ментальных моделей. Совокупность ментальных образов, схем и моделей представляют знаниевый блок. Параллельно ему задается восходящий целевой блок универсальных когнитивных операций, которыми должен овладеть современный специалист. Вершиной таксономии является вычислительное мышление.

На основе ментальной модели мышления выявлена сущность вычислительного мышления и составлен набор универсальных когнитивных операций. Сформирован базовый состав ментальных моделей, определяющих когнитивное поведение человека в цифровом обществе.

Вычислительное мышление — это вид мышления с активацией понятийно-абстрактной и понятийно-машинной надстроек ментальных образов, ментальных схем и моделей в контуре 3-й сигнальной системы.

Заключение. Предложенная ментальная таксономия учебных целей определяет вектор направления цифровой трансформации образования для достижения главного результата — вычислительного мышления. Этапность формирования и качество вычислительного мышления определяется сформированностью набора универсальных когнитивных операций, объемом и содержанием ментальных образов, ментальных схем и ментальных моделей предметной области.

Ключевые слова: ментальная модель мышления, вычислительное мышление, универсальные когнитивные операции, ментальные модели, таксономия учебных целей.

Nikolay I. Pak

Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia

Taxonomy of Learning Goals from the Position of the Mental Approach

Purpose. Digital transformation of education determines the need to rethink the goals and meanings of the educational process and, at present, is associated with the problems of our time, the expansion of the role of artificial intelligence.

The paper is devoted to the presentation of the taxonomy of educational goals from the standpoint of a mental model of thinking, which allows designing new educational results in the digital transformation of education.

Methodology and methods. Unlike Bloom's taxonomy, the main goal of modern education is the formation and development of computational thinking. The basis for constructing the taxonomy of educational goals is a mental approach, which is a set of principles and strategies for organizing the educational process aimed at forming and developing the cognitive abilities of the student. To identify the essence of computational thinking, a mental model of thinking is used, in which cognitive functions are determined by the mechanisms of perception, memorization, structuring and retrieval of information. In this model, knowledge is a structural set of mental images; mental schemes and mental models based on the first, second, and third signal systems.

Results. Consideration of the mental characteristics of a modern person in a digital society, definition of the 3rd signal system in

the "person + ICT + artificial intelligence" link, in which mental schemes and mental models play the main role, made it possible to formulate the stages of the educational process target settings in the form of the taxonomy of educational goals.

The taxonomy of educational goals begins with the assignment of mental entropy — as a subject field of the future professional activity of a specialist, containing questions, tasks and problems. They can be formulated by traditional educational goals in the form of: know, be able to, master. The specification of these goals leads to target guidelines for the composition, volume and content of subject mental images, mental schemes and mental models. The set of mental images, schemes and models represent a knowledge block. In parallel, an ascending target block of universal cognitive operations is set, that a modern specialist must master. The pinnacle of the taxonomy is computational thinking. Based on the mental model of thinking, the essence of computational thinking is revealed and a set of universal cognitive operations is compiled. The basic composition of mental models that determine human cognitive behavior in a digital society is formed.

Computational thinking is a type of thinking with the activation of conceptual-abstract and conceptual-machine superstructures of

mental images, mental schemes and models in the circuit of the third signal system.

Conclusion. The proposed mental taxonomy of educational goals determines the vector of the direction of digital transformation of education to achieve the main result - computational thinking. The stages of formation and the quality of computational thinking are

determined by the formation of a set of universal cognitive operations, the volume and content of mental images, mental schemes and mental models of the subject area.

Keywords: mental model of thinking, computational thinking, universal cognitive operations, mental models, taxonomy of learning goals.

Введение

Необходимость переосмысления целей и смыслов образования в настоящее время связана с проблемами современности, расширением роли искусственного интеллекта. Учебные цели нуждаются в их четкой, разумной и диагностичной постановке. Формирование нового мировоззрения при цифровой трансформации общества, достижения в области исследований разума определяют важность вычислительного мышления, которое имеет много трактовок и интерпретаций. Противоречие между необходимостью формировать вычислительное мышление как основного результата образования и существующими разными расплывчатыми мнениями по способам его развития делает актуальными вопросы выявления его сущности и целевых установок в учебных дисциплинах.

В образовательной среде известна таксономия Блума — как система учебных целей, которые классифицированы по четырем позициям: знания фактов; концептуальные знания; процедурные знания; метакогнитивные знания. Ее примечательным фактом является соединение когнитивных процессов и знаний в виде матрицы таксономии, помогающей разумно определить учебные цели и задачи [1]. Таксономия Блума включает шесть уровней: знание, понимание, применение, анализ, синтез и оценка. При этом каждый уровень содержит ряд когнитивных действий, типа «описать», «объяснить», «определить признаки», «сформулировать иначе» и т.п.

Цель работы — описать таксономию учебных целей на

основе совокупности ментальных моделей, определяющих сущность вычислительного мышления с позиций третьей сигнальной системы, и которая позволит проектировать новые образовательные результаты при цифровой трансформации образования.

В последнее время главной учебной целью стали признавать вычислительное мышление. Формирование нового мировоззрения при цифровой трансформации общества, достижения в области исследований разума определяют важность вычислительного мышления, которое, по мнению Хеннера Е.К., должно стать одной из ключевых задач российского образования [2]. Когнитивный характер вычислительного мышления можно связать с ментальными моделями — как специфическими формами индивидуального ментального опыта, влияющими на протекание когнитивных процессов [3]. Холодная М.А. рассматривает ментальный опыт как сложную систему, включающую в себя интеллектуальные структуры (когнитивные процессы) и неинтеллектуальные факторы (ментальные модели, когнитивные стили и индивидуальные особенности). Мозг

создает ментальные модели действительности, а их применение повышает качество мышления и способности принимать решения. При этом ментальные модели могут быть конструктивными и деструктивными. «Когда у вас в руках молоток, всё вокруг кажется гвоздём» [4].

Сущность понятий «знание» и «умение» с позиций ментального подхода

Для построения современной таксономии учебных целей воспользуемся ментальным подходом [5]. Ментальный подход в образовании нацелен на формирование и развитие у учащегося когнитивных способностей, связанных с восприятием, запоминанием, структурированием и извлечением из памяти информации.

Обобщенная ментальная модель мышления опирается на иерархическую восходящую структуру запоминаемой информации в памяти, которая представляет совокупность ментальных образов окружающей реальности. Ментальный образ представляет синтезированное образование из пяти—модальных компонент по чувственным ощущениям (зрительным, слуховым, так-

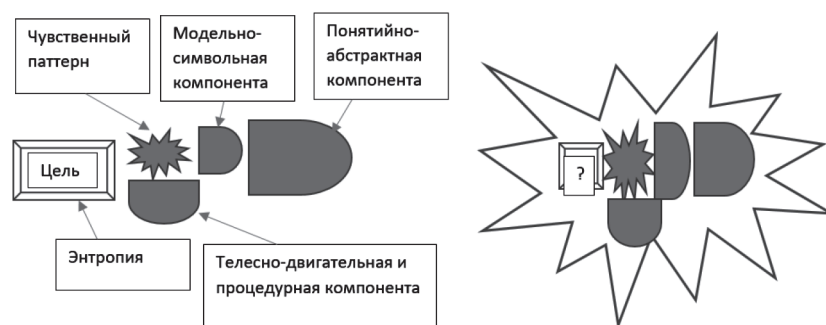


Рис. 1. Структура ментального образа

Fig. 1. Structure of the mental image

тильным, обонятельным, вкусовым).

Для фиксации и обмена опытом необходимо, чтобы ментальные образы обрели вербальную оболочку в виде понятий, сначала на модельном уровне (замещение, звуковое и телесное подражание образу, приближенного к физической реальности), затем в языковой среде, образуя символично-понятийную надстройку (состоит условно из двух компонент: модельно-символьной и понятийно-абстрактной) (Рис.1). Поскольку отражение воспринимаемого объекта среды связано с его взаимодействием, то в образе инкапсулируются телесно-двигательные рефлексы и процедурные действия (физические и умственные). Понятия являются общепринятыми сообществом наименованиями и обозначениями объектов реального мира и протекающих в нем процессов и явлений. Символьно-понятийная и процедурная компоненты ментального образа образуют *информационную модель* отраженной физической реальности.

Ментальный образ отраженной реальности имеет *целевой блок* в виде неопределенности, которую устраняет сам факт фиксации и формирования образа. Эту ментальную энтропию можно обозначать в виде удивления, вопросов, целей и задач. Снятие неопределенности определяется фиксацией чувственного следа, заданием его модельно-символьным представлением, далее по восходящей – на понятийно-абстрактном уровне.

Ментальные образы связываются между собой в *ментальные схемы* путем обобщения, ассоциирования и комбинирования для решения конкретных задач. В свою очередь, обобщение, комбинирование и суперпозиция ментальных схем определяют *ментальные модели*, определяющие стратегии мыслительного процесса (рис.2).

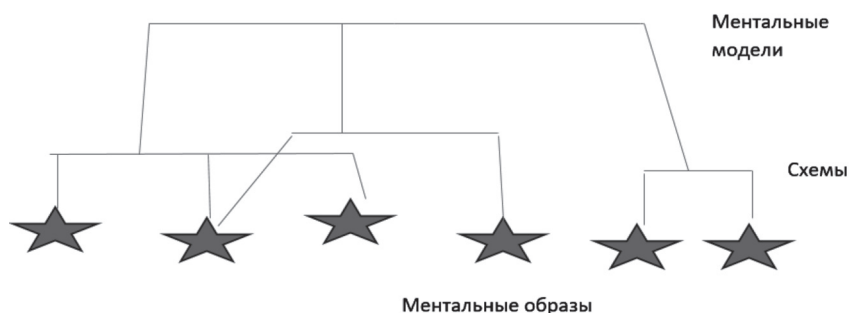


Рис. 2. Структура запоминаемой информации в памяти

Fig. 2. Structure of the stored information in memory

С позиций ментального подхода **знание** – это совокупность ментальных образов (МО), ментальных схем (МС) и ментальных моделей (ММ).

МО – это сумма пространственно-временных импульсов в нейронной сети мозга, получаемых от физической реальности и образующих структурную инварианту, включающей чувственные, символично-понятийные и деятельностные компоненты (определяют смысловое облако или информационную модель физической реальности).

МС – представляют обобщенные и ассоциированные структурно-ментальные схемы решения однотипных задач. На чувственном уровне – формируются на основе безусловных и условных рефлексов, образующие элементарные телесно-двигательные действия (примитивы), с помощью которых про-

являются сложные физические и умственные действия. На символично-понятийном уровне – формируются с помощью измерительных мер, расчетных и логических элементарных задачных примитивов. Визуализацию этих схем удобно представлять в виде ментальных карт (интеллект-карт) [6], структурно-ментальных схем Асауленко Е.В. [7], опорных сигналов Шаталова В.Ф. [8], структурных схем Егидеса Е.М. [9] и др. Ментальные схемы представляют инкапсуляцию понятийного тезауруса ментальных образов и понятийного тезауруса физических действий. Структура МС позволяет говорить о зарождении, восходящем и рекурсивном развитии этого типа знаний (Рис. 3).

ММ – представляют комбинированные и суперпозиционные структуры из МО и МС,



Рис. 3. Структура знаний с позиций ментального подхода

Fig. 3. Structure of knowledge from the perspective of the mental approach

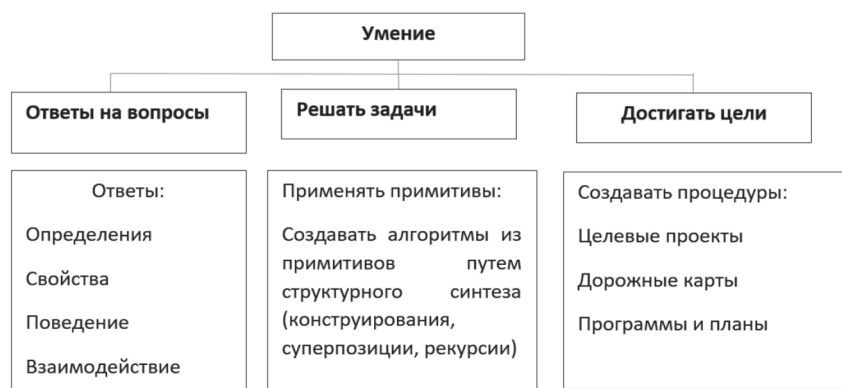


Рис. 4. Структура умений с позиций ментального подхода

Fig. 4. Structure of skills from the perspective of the mental approach

позволяющие моделировать достижение целей в физической и абстрактной деятельности. Они представляют идеи, концепции и способы познания и приспособления к окружающей среде. Большой набор ментальных моделей описан в книге Вайнберг Габриель, Макканн Лорен «Супермышление. Как обходить ментальные ловушки и принимать эффективные решения» [4].

Умения — это способность использовать знания для снятия неопределенности вопросов, решения конкретных задач, достигать поставленных целей (рис. 4).

Формирование и развитие знаний и умений осуществляется с помощью накопленных знаний и умений (рекурсивно), опираются на когнитивные способности мышления: при восприятии и распознавании информации (речь, чтение, графика и пр.), при обработке и структурировании информации (обобщение, ассоциация, аналогия, комбинирование, рекурсия, суперпозиция), при извлечении информации (язык, символизация-кодирование).

Таким образом, **знания** человека — это совокупность его МО, МС, ММ, определяющих его **умения** снимать неопределенность на вопросы, решать задачи и достигать целей в физической и абстрактной деятельности на основе своих когнитивных способностей.

Универсальные когнитивные операции и вычислительное мышление

Для формирования знаний и умений, а также для организации мыслительного процесса нужно наличие определенных когнитивных функций и операций (когнитивные способности человека).

Мышление представляет функцию головного мозга по восприятию, запоминанию, обработке и использованию (извлечению) информации. Определим какие когнитивные функции и операции используются в этих мыслительных процедурах.

Восприятие осуществляется с помощью когнитивных функций узнавания, распознавания, воображения, понимания.

Запоминание происходит на основе когнитивных функций суммации сенсорных ощущений физической реальности в виде чувственного паттерна, фиксации символично-понятийной и телесно-деятельностной надстройки (образование ментальных образов МО).

Обработка осуществляется на основе когнитивных функций обобщения МО, сетевого объединения МО (их компонент) путем ассоциаций, и когнитивных операций при формировании ментальных схем (МС) по решению задач, и ментальных моделей (ММ) для разрешения сложных жизнен-

ных ситуаций. Эти операции обработки информации можно определить — как **универсальные когнитивные операции**:

1. Итерация — циклический повтор операций с некой сущностью с новыми данными;

2. Рекурсия — определение сущности через саму сущность;

3. Иерархия — уровневая подчиненность сущностей на основе отношения «части-целое»;

4. Сетевость — связывание сущностей в ансамбль взаимодействующих элементов в сеть без иерархии;

9. Суперпозиция — структуризация сущности в сущности;

10. Формализация — обобщение и символизация новых восходящих абстрактных сущностей;

11. Комбинирование — структуризация сущностей по принципу трансформера;

12. Преемственность — формирование сущности на основе концентрического принципа;

13. Наследование — сохранение качеств сущности при его эволюционном изменении;

14. Реконструкция — улучшение качеств сущности за счет апгрейда;

15. Инкапсуляция — суперпозиционная интеграция разных сущностей в одну сущность;

16. Кластеризация — группирование множества сущностей на классы по определенным признакам.

Известные универсальные учебные действия (УУД) в образовательных стандартах являются подмножеством указанных универсальных когнитивных операций.

Извлечение информации происходит с помощью когнитивных функций воображения (активация ментальных структур в памяти как идея, мысль), суждения (вербальное утверждение факта существования МО, МС, ММ) и умозаключения (логической цепочки из МО, МС, ММ) в виде вербального сообщения. Суждение и

умозаключение опираются на **составные универсальные когнитивные операции**: анализ, синтез, сравнение, абстрагирование, конкретизация, обобщение, классификация.

Знания и умения на базе МО, МС, ММ, универсальные когнитивные операции в условиях 3 СС, определяют сущность вычислительного мышления.

Вычислительное мышление — это современный тип мышления с активацией понятийно-абстрактной и понятийно-машинной надстроек ментальных образов, ментальных схем и моделей в контуре 3-й сигнальной системы [10].

Ментальная таксономия учебных целей

Таксономия учебных целей (Рис. 5) зарождается предметным полем будущей профессиональной деятельности специалиста, содержащим предметные вопросы, задачи и проблемы (ментальная энтропия). Это традиционно классические учебные цели в виде ЗУНов (в образовательных стандартах как: знать, уметь, владеть). Конкретизация этих целей приводит к целевым ориентирам по составу, объему и содержанию предметных МО, МС, ММ. Следующий восходящий целевой блок связан с формированием универсальных когнитивных операций, которые были перечислены выше. Их следует конкретизи-

ровать для каждой предметной области. Например, в информатике — итерации и рекурсии (как операции) следует связать с разработкой циклических и рекурсивных алгоритмов и программ, суперпозицию с методами разработки алгоритмов на основе структурной теории и т.д.

Вершиной таксономии учебных целей является вычислительное мышление.

Основу вычислительного мышления современного специалиста составляют ментальные модели, которые формируются обобщением конкретных сходных ситуаций. Например, ментальная модель открытой и закрытой архитектуры обобщается едиными принципами построения вычислительной техники, устройства жилья, социальных институтов и т.п. Перечислим ментальные модели, определяющие качество вычислительного мышления:

1. *Модель закрытой и открытой архитектуры системы.* Модели закрытых систем удобны для исследований их закономерностей с учетом законов сохранения. Модель открытой архитектуры обобщает ментальные схемы построения систем, позволяющих видоизменяться без коренной ломки: архитектура ПК, конвейеры на заводах и фабриках, устройство дома, трансплантация в медицине и др. Обычно открытая система определяется граничными условиями,

а закрытая — начальным состоянием. Наличие и уровень сформированности этой модели важна как с точки зрения фундаментализации IQ, так и для проектирования и конструирования систем окружающего мира, включая сложные и глобальные проекты. Вероятно, что больший вклад в формирование и развитие этой модели вносят курсы физики, основы вычислительной техники, строительные и технологические курсы.

2. *Модель процедурной и проективной системы.* Создание и изменение системы может происходить по двум подходам: процедурный — предполагает схему «один для многих» (испечь хлеб, написать книгу, изготовить деталь, в базах данных — отношения между записями и пр.); проективный — реализуется по схеме «многие для многих», чаще по модели открытой архитектуры (вместе строим город, в организациях все участвуем в их развитии, создаем совместно образовательные сайты, порталы и платформы, системы искусственного интеллекта и пр.). Наличие и уровень сформированности этой модели важна как с точки зрения фундаментализации IQ, так и для проектирования и конструирования систем окружающего мира, включая сложные и глобальные проекты: в образовании, медицине, технике и др. Вероятно, что вклад в основы и развитие этой модели могут вносить курсы по практически всем дисциплинам, если в них предусматривать, например, решение задач, выполнение учебных проектов индивидуально и коллективно. Особенно формирование этой модели проявляется при разработке и использовании облачных сервисов и приложений.

3. *Модель черного и белого ящиков.* Применение и изучение системы может происходить путем анализа отклика системы на определенные воз-

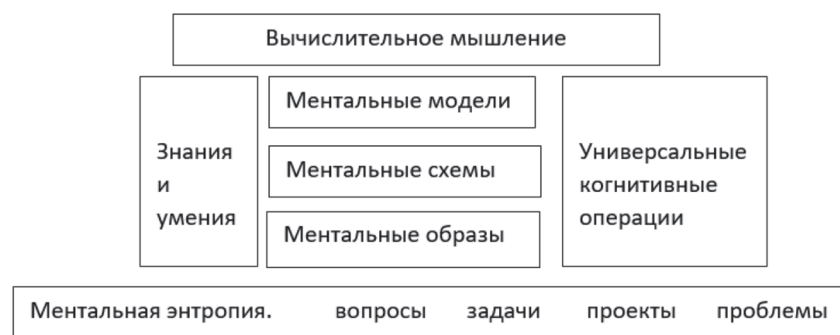


Рис. 5. Ментальная таксономия учебных целей
Fig. 5. Mental taxonomy of learning objectives

действия без знания ее внутренней сущности, либо при целенаправленном взаимодействии с системой с пониманием ее структуры и компонент. Примеры: использование ПК (черный ящик) рядовым пользователем или разработчиком ПК (белый ящик), классическое тестирование знаний ученика (черный ящик) или адаптивное (белый ящик), эксплуатация автомобиля любителем (черный ящик) или автомехаником (белый ящик).

4. *Модель части и целое.* Любая сущность состоит из совокупности сущностей. Система представляет совокупность взаимосвязанных элементов, каждая из которых представляет систему. Модель дает возможность любую сложную ситуацию упрощать до уровня ее разрешения, определяет процедуры решения задач сверху-вниз, снизу-вверх, на основе индукции и дедукции (умозаключение от частности к общему и наоборот), анализа и синтеза. Пример полезности модели — метод пирамиды Барбары Минто, который позволяет строить пирамидальное дерево вопросов для разрешения проблемной ситуации [11]. Еще один показательный пример — Евклидова геометрия, или модель атома. Основы модели следует формировать на уроках физики, математики, химии.

5. *Модель оценивания и измерения.* Оценивание свойств и качеств системы, объектов окружающего мира, происходит непрерывно при взаимодействии человека с физической и социальной реальностью. От мгновенного оценочного распознавания окружающей действительности зависит безопасность существования, счет и метрические измерения позволяют взаимодействовать с природой и обществом в ближайшее и долгосрочное время безопасно и комфортно. Оценивание и измерение являются важней-

шими когнитивными функциями мышления. В интеграции с ИКТ определяют сущность ЗСС. Необходимо уделять особое внимание во всех предметных дисциплинах, науках.

6. *Модель хаоса и порядка.* Определяет сущность физической, информационной и ментальной энтропии и негэнтропии. Определяет восходящий уровень удивления, познания от наивных детских вопросов, задач и целей к проблемным ситуациям. Модель важна для умения задавать вопросы, ставить задачи, формулировать цели и проблемы. Нужен отдельный курс в школе и вузе, который нацелен на формирование исследовательских компетенций и этой модели.

7. *Модель эволюции и революции.* Процессы, события и явления могут протекать плавно, непрерывно (эволюционно), либо скачкообразно (революционно). Эволюционные системы устойчивы, инерционны, полезны для определенных этапов жизни, для функционирования систем в определенные временные этапы. Революционные процессы важны для обновления устаревших систем, ускорения процессов для достижения целей, но несут с собой коренную ломку, разрушение старого.

8. *Модель локализации и глобализации.* Обеспечивает два подхода к адаптации системы: к конкретной ситуации путем упрощения и рассмотрения лишь ограниченного набора элементов и условий; к интегрированным объединениям в экономике, политике, науке и образовании. Локализация важна для выявления ошибок и поведения системы, например, при отладке программ, выявления и устранения сбоев, неполадок в работе сложных систем. Глобализация позволяет расширять границы конкретной системы для ее вхождения и взаимодействия с другими системами. Например, локальные сети включа-

ются в глобальные, торговые точки — в торговые сети и пр.

9. *Модель статичности и динамики.* Относительно системы могут представляться стационарными (неизменное состояние покоя предметов, установившиеся процессы: течение реки, смена дня и ночи и пр.), либо в движении, меняющие состояния во времени (ветер, дождь, рост растений и пр.). Стационарные модели: создание порядка в доме, офисе (расставить вещи по местам), определение регламентов и процедур, например, расписание дня, расписание, и пр. Динамические системы: непрерывная реконструкция и модернизация системы питания, жизнеобеспечения, образования, науки и пр. Вероятно, что каждому важно знать, что в жизни должно быть стационарно (устойчиво), а что должно видоизменяться. При решении задач, выполнении проектов следует искать новые пути и методы, иначе «инерционность» стационарных моделей ведет к застою, препятствует инновациям. Основы модели удобно формировать на уроках биологии, географии, физики, математической физики.

10. *Модель интерполяции и экстраполяции.* Восстановление отсутствующих сущностей внутри сущности и прогнозирование сущности вне сущности. Очень важная модель не только в науке и образовании, но и в личной жизни. Позволяет предвосхищать поведение и события систем в настоящем и будущем. Играет важнейшую роль в формировании «образа будущего». Необходимо формировать модель на уроках математики, физики, биологии, химии, курсах медицины и педагогики.

11. *Модель интуиции и классификации.* Интуиция — это вербально неосознанное знание (на уровне 1СС), позволяет осуществлять мыслительную деятельность на уровне «чутья», определяет научные

прорывы и создает базу для 2СС, для символизации и понятизации новых знаний. Это вектор вне наших знаний (определенности и осознанности). Классификация — это вербально осознанная систематизация знаний, проводящая к новым более глубоким знаниям. Это вектор внутри наших знаний. Модель опирается на интерполяцию и экстраполяцию. В совокупности интуиция и классификация (вектор вовне и внутри) позволяют моделировать и имитировать сложные системы для исследования их поведения во времени в зависимости от структуры элементов системы и их взаимодействия. Модель играет важную роль в компьютерном моделировании таких систем.

12. *Модель прямого и обратного хода.* Обычно решение проблемы осуществляется путем предвосхищения некоторой процедуры (думаем наперед). Такой прямой ход мыслительного процесса может быть эффективен при решении простых задач. Для сложных задач и проблем подобная прямота не всегда применима. Инверсия помогает находить решения, думая в обратном направлении.

13. *Модель последовательной и параллельной процедуры.* Любая совокупность действий, потоки данных, обработка данных может происходить последовательно или параллельно. Пример: электрические цепи, водоснабжение, конвейеры, алгоритмические конструкции, вычисления и пр. Модель определяет стиль поведения человека и его мышления.

14. *Модель моно и многозадачности.* В отличие от модели последовательной и параллельной процедуры, предполагает выполнение нескольких задач в режимах: разделения времени (все задачи выполняются одновременно по процедуре последовательного решения части задач по дискретным вре-

менным отрезкам), поэтапного разделения задач (очередность выполнения этапов всех задач, а не самих задач). На каждом промежуточном уровне этих режимов могут использоваться модели последовательной и параллельной процедуры.

15. *Модель достатка и избыточности.* Для функционирования системы используются определенные ресурсы, которые могут быть ограничены или практически неограниченны (возобновляемые). Привлечение избыточных ресурсов связано с предвосхищением восполнения и возобновления необходимых элементов для функционирования системы в настоящем и будущем. Модель должна опираться на интерполяцию и экстраполяцию, цену и качество ресурсов. Модель избыточности заставляет создавать резервные копии продуктов, программ, файлов, критических компонент системы, иметь в наличии план Б, или «подушку безопасности». Достаточность определяет оптимальность ресурсов, важна в условиях ограничений.

16. *Модель реального и отсроченного времени.* Сегодня чаще о них говорят, как о моделях онлайн и офлайн взаимодействия. Эта сущность определяет поведение человека и систем при решении вопросов в текущий момент времени или с отложенным стартом. Играет важную роль для планирования и формирования образа будущего, экономит ресурсы и обеспечивает комфортность взаимодействия.

17. *Модель прямого и последовательного доступа.* Важная модель в системах массового обслуживания, в быту и технике, информационных системах. Опирается на модели очереди, устройствах в форме стека. Оптимизирует некоторые виды деятельности и мышления за счет механизма индексации, хранения и передачи информации.

18. *Модель клиент-сервер.*

Определяет централизованные и распределенные системы в быту, социальных системах (образование, политика, общество и пр.), в науке и технике.

19. *Модель цена и качество.* При создании системы возникает вопрос оптимального соотношения цены и качества. Решение этого вопроса связано с метричностью, умением оценивать количественно и качественно элементы, объекты и системы.

20. *Модель спроса и предложения.* Определяет естественные и эволюционные условия равновесия конкурентных систем. Например, в экономике цена за товар или сервис будет меняться, пока не остановится в точке, где спрос равен предложению. Это приводит к равновесию цены и качества ресурса.

21. *Модель апгрейд и кросс-платформенности.* Апгрейд — это процесс улучшения существующих продуктов или систем, чтобы достичь более высокого качества, производительности или функциональности, например, путем замены компонентов, добавления новых функций и устройств, обновления программного обеспечения. Кроссплатформенность — это способность системы работать в разных новых условиях, например, для программного обеспечения работать с несколькими аппаратными платформами или операционными системами без необходимости значительных изменений в коде или функционале. Модель опирается на принципы открытой архитектуры и проективности, реализует модели эволюции и революции, цены-качества за счет преемственности, наследования, инкапсуляции.

22. *Модель накопления и упорядочения.* Определяет поиск необходимых ресурсов, их хранение (склады, резервуары, базы данных и пр.) для последующего использования.

23. *Модель сепарации и инкапсуляции.* Многие процессы и системы иногда удобно сепари-

ровать для получения объектов с новыми качествами (получение из молока сливок или творога, бензина из нефти, из компьютера сделать музыкальный центр и пр.). Внедрение некоторых объектов в другие может существенно изменить инкапсулированные объекты (катализаторы в химии, объектно-ориентированное и визуальное программирование и пр.).

Очевидно, что перечисленный набор моделей не является полным. В каждой предметной области следует выделять учебные элементы и модули, позволяющие формировать те или иные ментальные модели. При этом практические задания следует делать *модельно-ориентированными*, нацеленными на формирование тех или иных ментальных моделей.

Заключение

Стремительное становление цифрового общества и ментальные особенности со-

временного человека определяют эволюционное формирование 3-й сигнальной системы в связке «человек + ИКТ + искусственный интеллект». Она порождает современный тип мышления, получивший название «вычислительное» (computational thinking), в которой основную роль играют ментальные схемы и ментальные модели. В этой связи возникает необходимость переосмысления целей и смыслов образования. Таксономия учебных целей начинается с заданием ментальной энтропии, представляющей предметное поле будущего специалиста в виде классических: знать, уметь, владеть. Ментальная модель мышления позволяет эти цели связать с предметными ментальными образами, ментальными схемами и ментальными моделями, определяющими суть *знаний и умений*. Качество мышления во многом зависит от когнитивных способностей

человека, позволяющих осуществлять *универсальные когнитивные операции*, связанные с восприятием, запоминанием, структурированием и извлечением информации. Вершиной таксономии является вычислительное мышление.

Ментальный подход [12] позволил определить набор универсальных когнитивных операций и сформировать базовый состав ментальных моделей, определяющих когнитивное поведение человека в цифровом обществе.

Предложенная ментальная таксономия учебных целей определяет вектор направления цифровой трансформации образования для достижения главного результата — вычислительного мышления. Его качество определяется сформированностью набора универсальных когнитивных операций, объемом и содержанием ментальных образов, ментальных схем и ментальных моделей.

Литература

1. Пройдаков Э. М. Большой англо-русский толковый словарь по вычислительной технике и информационным технологиям (ВТ и ИТ). М.: РТСофт, 2015.
2. Баженова И.В., Клунникова М.М., Пак Н.И., Пушкарева Т.П., Хеннер Е.К. Кластер дисциплин как платформа развития вычислительного мышления студентов. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. 184 с.
3. Холодная М.А. Теория интеллекта Б.Г. Ананьева: ретроспективный и перспективный аспекты // Психологический журнал. 2007. Т. 28. № 5. С. 49—60.
4. Вайнберг Габриель, Макканн Лорен. Супермышление. Как обходить ментальные ловушки и принимать эффективные решения. М.: ЭКСМО, 2021. 480 с.
5. Пак Н.И. Ментальный подход к цифровой трансформации образования // Открытое образование. 2021. № 25 (5). С. 4—14.
6. Тони Бьюзен Интеллект-карты. Полное

руководство по мощному инструменту мышления. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2108. 208 с.

7. Асауленко Е.В. Искусственный интеллект с позиции ментальных схем // Открытое образование. 2014. № 4. С. 50—54.

8. Шаталов В.Ф. Точка опоры: об экспериментальной методике преподавания. М.: Педагогика, 1987. 158 с.

9. Егидес А.П., Егидес Е.М. Лабиринты мышления или Учеными не рождаются. М.: АСТ-Пресс книга, 2004. 320 с.

10. От Павлова до ChatGPT: как LLM перевернули наше понимание мышления [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/851836/>.

11. Минто Б. Золотые правила Гарварда и McKinsey. Принцип пирамиды в мышлении, деловом письме и устных выступлениях. М.: Миф, 2007. 272 с.

12. Пак Н.И. Ментальный подход в образовании. Красноярск: РИО КГПУ им. В.П. Астафьева, 2025. 148 с.

References

1. Proydakov E. M. Bol'shoy anglo-russkiy tolkovyy slovar' po vychislitel'noy tekhnike i informatsionnym tekhnologiyam (VT i IT) = Comprehensive English-Russian explanatory dictionary of computing and information technology (CT and IT). Moscow: RTSoft; 2015. (In Russ.)
2. Bazhenova I.V., Klunnikova M.M., Pak N.I., Pushkareva T.P., Khenner Ye.K. Klaster distsiplin kak platforma razvitiya vychislitel'nogo myshleniya studentov = Cluster of disciplines as a platform for developing students' computational thinking. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2021. 184 p. (In Russ.)
3. Kholodnaya M.A. Teoriya intellekta B.G. Ananyev's theory of intelligence: retrospective and prospective aspects. Psikhologicheskii zhurnal = Psychological journal. 2007; 28; 5: 49–60. (In Russ.)
4. Vaynberg Gabriyel', Makkann Loren. Supermyshleniye. Kak obkhodit' mental'nyye lovushki i prinimat' effektivnyye resheniya = Superthinking. How to bypass mental traps and make effective decisions. Moscow: EKSMO; 2021. 480 p. (In Russ.)
5. Pak N.I. Mental approach to the digital transformation of education. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2021; 25(5): 4-14. (In Russ.)
6. Toni B'yuzen Intellekt-karty. Polnoye

rukovodstvo po moshchnomu instrumentu myshleniya = Mind Maps. A Complete Guide to a Powerful Thinking Tool. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber; 2108. 208 p. (In Russ.)

7. Asaulenko Ye.V. Artificial intelligence from the standpoint of mental schemes. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2014; 4: 50-54. (In Russ.)

8. Shatalov V.F. Tochka opory: ob eksperimental'noy metodike prepodavaniya = Fulcrum: on experimental teaching methods. Moscow: Pedagogy; 1987. 158 p. (In Russ.)

9. Yegides A.P., Yegides Ye.M. Labirinty myshleniya ili Uchenymi ne rozhdaiutsya. Moscow: ACT-Press book; 2004. 320 p. (In Russ.)

10. From Pavlov to ChatGPT: how LLM changed our understanding of thinking [Internet]. Available from: <https://habr.com/ru/articles/851836/>. (In Russ.)

11. Minto B. Zolotyie pravila Garvarda i McKinsey. Printsip piramidy v myshlenii, delovom pis'me i ustnykh vystupleniyakh = Golden rules of Harvard and McKinsey. The pyramid principle in thinking, business writing and oral presentations. Moscow: Mif; 2007. 272 p. (In Russ.)

12. Pak N.I. Mental'nyy podkhod v obrazovanii = Mental approach in education. Krasnoyarsk: RIO KSPU named after V.P. Astafiev; 2025. 148 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Николай Инсебович Пак

Д.п.н., профессор

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,

Красноярск, Россия

Эл. почта: nik@kspu.ru

Information about the author

Nikolay I. Pak

Dr. Sci. (Pedagogical), Professor

Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev,

Krasnoyarsk, Russia

E-mail: nik@kspu.ru