



УДК 001.8+008+514.8+378

Научная статья / **Research Full Article**DOI: [10.15293/2658-6762.2205.05](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2205.05)Язык статьи: русский / **Article language: Russian**

Точные инструменты мышления и влияние компьютерных наук в профессиональной деятельности

В. М. Трофимов¹¹ Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Проблема и цель. Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации входят в каркас главной интеллектуальной компетенции ИТ-специалистов. Но что сегодня мы понимаем под культурой мышления? Если мы положим в основу системность и креативность, как того требуют от выпускника вуза компании-лидеры ИТ-технологий, то это сразу указывает на сложность и даже противоречивость требований к ожидаемым качествам мышления молодых специалистов. Ведь нужно уметь одинаково успешно систематизировать имеющиеся данные в некоторую структуру и отказываться от существующего и достигать принципиально иного решения. Цель работы – выделить ядро инструментов мышления в профессиональной деятельности и точно описать их с помощью теоретико-множественного анализа.

Методология. Исходим из того, что мышление как часть природы реальности достигает требуемого в профессиональной деятельности уровня тогда, когда оно удовлетворяет по крайней мере трем условиям: устойчивости, точности и полноты описания конкретной системы или процесса. Поскольку мы не можем вырывать мышление из того историко-культурного способа познания, который называют эпистемой, то необходимо, прежде всего, опираться на примеры таких контекстов, как эволюция лингвистического состояния популяции людей и эволюция архитектуры проектирования распределенных систем в информационном пространстве. Математическая основа берется из опыта преподавания и использования теоретико-множественного метода в математических дисциплинах компьютерных специальностей.

Результаты. В рамках предложенной методологии некоторые важные инструменты профессионального мышления сформулированы на точном языке информатики. Описаны структуры устойчивого удержания предметного мышления, точность удержания смысла, минимум полноты системы, бриколаж и опция базовой фигуры визуализации креативности. Данная методология позволяет увидеть логику ветвления в эволюции фразных языков, а также логику эволюции программных систем.

Библиографическая ссылка: Трофимов В. М. Точные инструменты мышления и влияние компьютерных наук в профессиональной деятельности // Science for Education Today. – 2022. – Т. 12, № 5. – С. 72–89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2205.05>

✉ Автор для корреспонденции: В. М. Трофимов, vtrifimov9@yahoo.com

© В. М. Трофимов, 2022

Заключение. Теоретико-множественные инструменты мышления приоткрывают логику развития распределенных систем в современной информационной оболочке и, по-видимому, заметно влияют на инструментарий мышления в самых разных областях знания.

Ключевые слова: культура мышления; методология профессиональной деятельности; вычислительное мышление; компьютерные науки; устойчивое развитие; лингвистическая эволюция; информационное образование; распределенные системы.

Постановка проблемы

Формула Стивена Макконнелла (С. Macconnell) о том, что «способ использования интеллекта важнее, чем его уровень»¹, как нельзя лучше характеризует роль инструментов мышления. Подмечено, что язык человеческого общения, а главное, мышления в настоящее время, несмотря на явный тренд к персонализации и дозированной эмоциональности лексики, быстро эволюционирует в сторону математизации, доминирования смысла над формой². Кроме того, просматривается изменение архитектуры фразы: сложное построение предложения уступает место множеству коротких, простых по форме предложений, своего рода *модульности* фразы. Отметим, что даже в киноязыке, не говоря об оконных технологиях в интернете, теперь все чаще используют *нелинейную* подачу действия – полиэкран, когда экран разделяется на два, и в каждом течет свое действие, создавая дополнительное взаимонапряжение (например, недавний фильм Г. Ноэ «Вихрь»). В языках программирования наблюдается усиление абстрактности, что выражается, в частности, появлением вслед за аналогами обычного языка – синтаксисом и семантикой – *паттернов* (шаблонов) проектирования как «кирпичиков» новой эффективной архитектуры прило-

жений. Разработчик почти каждого приложения сегодня имеет дело с *распределенной системой*, которая работает на многих машинах и к которой получают доступ множество пользователей во всем мире. Распределенные системы и паттерны проектирования, с одной стороны, требуют особых профессиональных качеств от IT-специалистов, а с другой – высвобождают его творческую энергию для применения ее на новом уровне. Особое значение приобретает культура пользования инструментами мышления в богатой возможностями профессиональной среде.

Существуют различные подходы к обучению и описанию типа мышления, востребованного развитием IT-специальностей. Обучение взрослых учителей при поддержке персонализированной системы обучения, оснащенной ноу-хау для педагогического применения цифровых технологий в процессе обучения студентов естественным наукам [4], использование быстрой обратной связи [16], создание учебной среды (обучающей фабрики) позволяет передавать учащимся знания о процессах и методах учащимся путем внедрения концепции фабрики в академическую среду, в которой учащиеся могут применять полученные теоретические знания в реальных производственных ситуациях [13]. В Индии, Малайзии используют вашингтонский стандарт оценки

¹ Стивен Макконнелл — американский программист, автор книг по разработке программного обеспечения. URL: <https://tproger.ru/devnull/programming-quotes/>

² Полиглот Д. Ю. Петров. URL: <https://zen.yandex.ru/media/booksforyou/poliglot-dmitrii-petrov-5-iarkih-iazykovyh-tendencii-kotorye-stremitelno-meni-aiut-mir--5ab68d5aad0f22c18e31d5c9>

результатов: все мероприятия и курсы, проводимые для инженерного образования, должны быть разработаны с точным измеримым результатом, а показатели его оценки должны быть четко определены [8]. В Новосибирском государственном педагогическом университете [20] разработан математический аппарат, включающий новый критерий для оценки педагогических технологий, прежде всего, и превосходящий по ряду достоинств известные критерии (см., например, [14]).

При наблюдающейся необозримости темы [18; 21; 22] нужно попытаться найти некоторые точные инструменты. Здесь мы подходим к цели данной работы – выделению набора инструментов мышления для профессиональной деятельности и точного их описания с помощью теоретико-множественного анализа.

Прежде рассмотрим *вычислительное мышление* [1; 2; 3; 5; 6; 9]. Хотя этот термин ещё трактуют по-разному [1; 6; 17], речь идет о целом комплексе понятий: абстракция, декомпозиция, алгоритмы и отладка – это компоненты вычислительного мышления, которые, по мысли авторов, должны обеспечить креативность, критичность, кооперативность мышления, развить навыки решения проблем и коммуникации путем использования компьютеров и алгоритмов [9; 17]. Расширенная трактовка вычислительного мышления, распространение его на самые разные профессии встречает критику и существенную корректировку его смысла. В 1982 г. разработка вычислительных моделей была отмечена Нобелевской премией по физике, началось признание вычислительной науки [6]. Тогда появился термин «вычислительная наука» для обозна-

чения новых отраслей науки, которые использовали вычисления в качестве основного метода как альтернативу традиционной парадигмы теории и эксперимента. С. Джобс даже заострил тему: каждый в нашей стране должен научиться программировать, потому что это учит думать³. В операционном определении Ахо [1] вычислительное мышление опирается на вычислительные модели и формулирует проблемы так, чтобы их решения могли быть представлены в виде вычислительных шагов и алгоритмов. В [6] подчеркивается, что не любая последовательность шагов-действий является алгоритмом: «Верно, алгоритм – это серия шагов, но шаги не являются произвольными, они должны управлять некоторой вычислительной моделью; шаг, требующий человеческого суждения, никогда не считался алгоритмическим шагом» [6, с. 36]. К настоящему времени большинство исследователей и практиков интуитивно понимают, что вычислительное мышление – это навык, т. е. способность, приобретаемая с помощью практики, а не знания фактов или информации [6]. Но для практики нужна вооруженность какими-то инструментами мышления. Здесь возникает противоречие со смыслом введения термина «вычислительное мышление»: термин есть, а теоретического содержания и практической инструментария нет. Если алгоритмы – это лишь машинное достояние в рамках вычислительных моделей, а последние изобретаются человеком, то справедливо спросить, как он изобретает, существует ли фундамент инструментов мышления для создания таких вычислительных моделей. Если, по выражению «вычислительные науки, как и физика, изучают мир на фундаментальном уровне, но первые, в отличие от второй, при этом создают мир»⁴, то

³ Владстон Ф. Ф. Теоретический минимум по Computer Science. Все, что нужно знать программисту и разработчику. – СПб.: Питер, 2019. – 224 с.

⁴ Теоретический минимум по Computer Science. Сети, криптография и data science. – СПб.: Питер, 2022. – С. 12.

ими же создается и соответствующий инструментарий мышления. Наша цель – приблизиться к этому инструментарию со стороны открываемой данности природы мышления, но не отходя от методов информатики.

Методология исследования

Исходим из того, что мышление как часть природы реальности достигает требуемого в профессиональной деятельности уровня тогда, когда оно удовлетворяет по крайней мере трем условиям: устойчивости, точности и полноты описания конкретной системы или процесса. Поскольку мы не можем вырывать мышление из того историко-культурного способа познания, который называют эпистемой⁵, то необходимо, прежде всего, опираться на примеры таких контекстов, как эволюция лингвистического состояния популяции людей и эволюция архитектуры проектирования распределенных систем в информационном пространстве. Математическая основа берется из опыта преподавания и использования теоретико-множественного метода в математических дисциплинах компьютерных специальностей.

Чтобы что-то представить, достаточно увидеть (понаблюдать), а чтобы что-то понять, надо построить модель (абстракцию). Первая компетенция наблюдения – способность выявить различия. Поэтому объект, который мы начинаем понимать, обнаруживается через сравнение. Простейшая модель объекта тогда есть множество, элементы которого сравниваются друг с другом. Например, мы понимаем, что такое диван, когда мы в состоянии выбрать из предложенного в магазине множества

диванов тот, который нас устроит. Значит, в нашем понимании дивана имеется подмножество B множества всех диванов A , каждый элемент $b \in B$ которого нас в принципе удовлетворил бы в нашем выборе. Здесь модель-понятие дивана – множество модификаций диванов и операции включения ($B \subset A$), заданные на нем. Ближайшее усложнение модели объекта как множества элементов – это задание попарного взаимодействия между элементами в виде бинарного отношения, например, *a Больше b*. Имея такую модель в качестве базовой схемы *понятия* и учитывая точный смысл и известное описание возможных ее – модели – реализаций в теории множеств, попробуем выявить интересующие нас в первую очередь инструменты профессионального мышления.

В техническом смысле вычислительное мышление можно разделять на «аналоговое» и «цифровое». Причем первое склоняется к математическому анализу преимущественно непрерывных функций, заданных на континууме, а второе – к теоретико-множественному анализу объектов и процессов любой природы, представляя их конечными множествами. Переход от аналогового мышления к цифровому аналогичен переходу от координат пространство-время к «координатам» структуры-информация (рис. 1). Однако это не переход, а взаимопереходы. Например, модель континуума всегда будет удобна как минимум для описания динамики систем. Но эти модели связаны скорее с удобствами технико-математическими, чем с инструментальными особенностями мышления.

⁵ Эпистема – понятие, введенное М. Фуко в работе «Слова и вещи. Археология гуманитарных наук» (1966); эпистема – совокупность векторов познания во всех видах дискурса в данный исторический пе-

риод. URL: https://www.gorkilib.ru/events/4893?code=4893&back_url_admin=%2Fbitrix%2Fadmin%2Fseo_sitemap.php%3Flang%3Dru

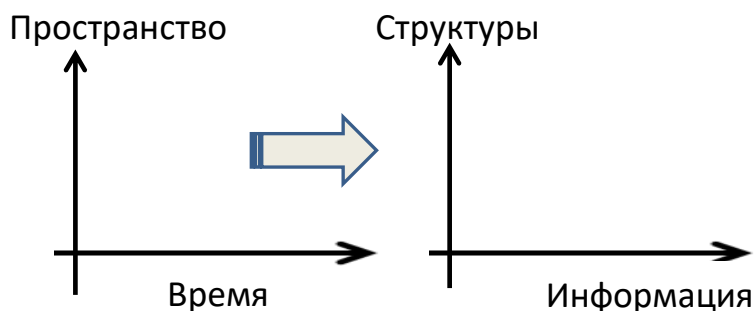


Рис. 1. Переход из координат «аналогового» мышления в координаты «цифрового» мышления

Fig. 1. Transition from the coordinates of “analog” thinking to the coordinates of “digital” thinking

Инструмент 1: устойчивое предметное мышление и формы (виды) его организации. В любой сфере человеческой реальности и соответствующего мышления можно выделить множество объектов (процессов, явлений) на каком-либо уровне однородности. Далее встает вопрос о предметном взаимодействии между ними. В примере с диваном мы можем задать на множестве его модификаций бинарное отношение a_i СравнимС a_j , где

$a_i, a_j \in A$ (A – множество модификаций диванов). Применим к такому множеству объектов базовую модель и изучим возможные виды устойчивой организации структур в контексте некоторого рассмотрения, которое можно назвать выявлением паттернов организации мышления, удерживающего устойчивое состояние (табл. 1).

Таблица 1

Способы устойчивой организации структур и их примеры

Table 1

Methods of sustainable organization of structures and their examples

	1-й способ: объединение эквивалентного в структуры	2-й способ: вложение структур друг в друга	3-й способ: иерархия структур
Схемы структур (паттерны мышления)			

Соответствующие типы бинарного отношения	Отношение эквивалентности: классы эквивалентности	Отношение частичного порядка	Отношение линейного порядка
Пример: выявление групп крови на множестве людей: $b_i \text{ ОднГруппКровС } b_j$	Классы эквивалентности: 0 (I) – первая группа; A (II) – вторая группа; B (III) – третья группа; AB (IV) – четвертая группа крови	–	–
Пример: организация бессмертия Кошца Бессмертного	–	$c_i \text{ ВложенВ } c_j$, где $c_i, c_j \in C$ (C – множество: остров, дуб, лагерь, заяц, утка, яйцо, игла)	–
Пример: удерживание внимания на приоритетных технологиях	–	–	$d_i \text{ Лучшие } d_j$, где $d_i, d_j \in D$ (D – множество технологий)

Инструмент 2: реализация точности в профессиональном мышлении. Снова используем базовую модель и рассмотрим способы обеспечения точности. За основной тип бинарного отношения возьмем отношение эквивалентности. Частными случаями его являются:

отношение равенства, обеспечивающее точную трансляцию мысли-образа, а также отношение сохранения статуса (состояния, качества) (табл. 2).

Таблица 2

Обеспечение точности взаимодействий структур и примеры

Table 2

Ensuring the precision of interactions of structures and examples

	Рефлексивность	Симметричность	Транзитивность
Визуальная схематика			
Пример: проверка нового знания (x) в старом (y) x <i>СогласуетсяС y</i>	Монолог (запись новых мыслей)	Диалог (обсуждение новых мыслей)	Отчуждение: семинар, доклад, публикация

Пример: подобие объектов (процессов): x Подобен y			
Пример: равенство $x = y$	$x = y$	$y = x$	$x = y, y = z$ $x = z$
Пример: приближенное равенство $x \approx y$	$x \approx x$	$y \approx x$	$x \approx y, y \approx z$ но $x \not\approx z$

Во многих ситуациях мы имеем дело с приближенным (неточным) знанием, связанным с неполнотой информации, и вынуждены при этом действовать. Самый простой случай [см., например, 24] есть приближенное равенство $x \approx y$ – это бинарное отношение, не обладающее свойством транзитивности и поэтому не являющееся отношением эквивалентности. Какой здесь выход? Например, в границах какой-либо научной школы на множестве ее приверженцев для переквалификации приближенного знания в точное могут быть приняты на веру следующие отношения: x Полагаем Подобен y , q Считаем Сoglасуется S . Позитивный момент здесь в том, что научная школа функционирует дальше, не останавливаясь. Правда, приходится иметь в виду, что риски зайти в тупик могут возрастать. В языке эффект множественного употребления вследствие социальной природы человека ведет к закреплению какого-то одного варианта термина или фразы, что способствует удержанию точного образа, тем самым снимая отсутствие транзитивности и наращивая языковой корпус точной лексики [24].

В программных приложениях в распределенных системах постоянно возникают ошибки (нарушение транзитивности), поэтому параллельно разрабатывают тестовую среду и такие инструменты управления тестовой средой, как сине-зеленое развертывание, канареечное развертывание и скользящее развертывание (канарейки использовались в шахтах в качестве теста для выявления метана).

Инструмент 3: фундаментальная полнота и ее обеспечение. Этот инструмент может быть обусловлен важнейшим результатом общей алгебры – теоремой о полноте системы логических функций: для того, чтобы система функций была функционально полна, необходимо и достаточно, чтобы она содержала по крайней мере одну нелинейную функцию и одну немонотонную функцию. Ценность полной системы функций в том, что она способна описать любую систему функций, а мы здесь находимся на подходящем уровне абстрагирования реальности, чтобы использовать этот математический результат для инструментария мышления в профессиональной деятельности (табл. 3).

Таблица 3

Примеры фундаментальной полноты системы

Table 3

Examples of the fundamental completeness of the system

	Первое условие полноты системы: по крайней мере одна функция нелинейная	Второе условие полноты системы: по крайней мере одна функция немонотонная
Пример: логическая операция (функция)	Все бинарные операции: дизъюнкция, конъюнкция, импликация, стрелка Пирса, штрих Шеффера	Отрицание, стрелка Пирса, штрих Шеффера
Пример: функция в математическом анализе	Периодическая функция и разложение ее в ряд Фурье	Периодическая функция и разложение ее в ряд Фурье
Примеры сотрудничества (учитель и ученик, творческий союз)	Сотрудничество двух (или более) человек	Лидерство, по крайней мере, ситуативное одного из них
Пример: семья	Семья из двух взрослых человек (и детей)	Кто-то из двух в каких-то ситуациях способен сказать «нет»
Пример: диалектический анализ	Тезис + антитезис	Противоречие
Пример: устойчивое развитие	Старое + новое	Противоречивость разворачивания во времени
Пример: событие типа «черный лебедь» (N. N. Taleb [12; 15])	Малая вероятность события + большой масштаб события	Случайная функция события от времени
Пример: самодисциплина успешного профессионала	Самоограничение: мое «сверх-Я» говорит моему «Я»: «Нет»	Самоограничение: мое «сверх-Я» говорит моему «Я»: «Нет»

Здесь некоторые функции (стрелка Пирса, штрих Шеффера, Фурье-разложение, самоограничение) являются одновременно и нелинейными, и немонотонными.

Инструмент 4: креативность мышления в геометрических образах. Приемы креативного мышления, известные как ТРИЗ [19], представляют собой 40 практических принципов, с помощью которых предлагается найти принципиально новое решение той задачи или

проблемы, которая не решается, если исходить из прототипа. Попытки геометрически «визуализировать» эти приемы в [23] привели к идее сформировать первичный геометрический объект, обладающий универсальностью, достаточной для иллюстрации всех приемов ТРИЗ. Этот объект состоит из четырех «кирпичиков», которые в дальнейшем можно сложить в «схему» того или иного приема. Поиск формы этого кирпичика привел к необходимости выполнения двух требований: *наличию кривизны (нелинейности) и асимметрии* (табл. 4).

Таблица 4

Поиск формы базовой фигуры для визуализации ТРИЗ-приемов

Table 4

Search for the shape of the basic figure for visualization of TRIZ techniques

Форма базовой фигуры	Кривизна	Асимметрия
	Нулевая	Отсутствует
	Ненулевая	Отсутствует
	Нулевая	Имеется
	Ненулевая	Имеется

Из таблицы 4 видно, что, например, такие фигуры, как квадрат, круг, параллелограмм, не отвечают сразу двум необходимым требованиям. И только последняя обладает и кривизной, и асимметрией. Она и была выбрана для конструирования универсального

объекта (рис. 2, объект А). Визуальные образы приёмов ТРИЗ получаются трансформацией единого первичного объекта (рис. 2, объекты Б, В, Г).

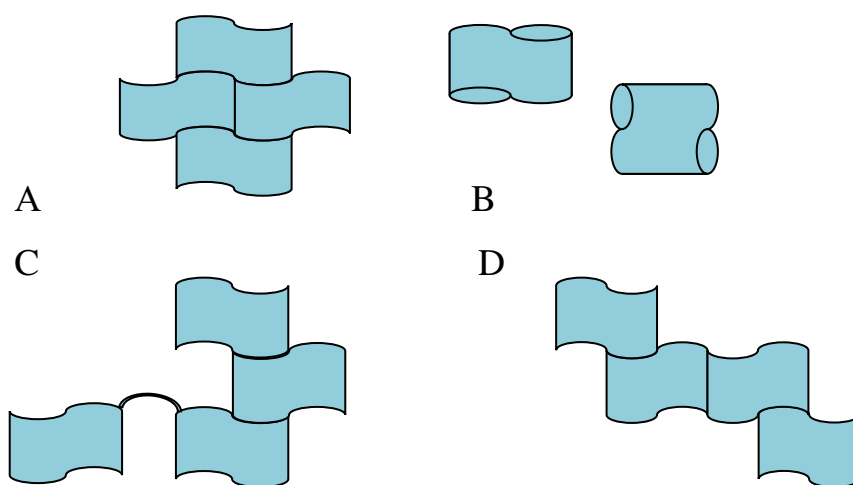


Рис. 2. А – первичный объект; В – визуальный образ принципа сфероидальности (выхода в 3D); С – образ принципа вынесения; D – образ принципа асимметрии

Fig. 2. A – primary object; B – visual image of the principle of spheroidality (output in 3D); C – image of the principle of rendering; D – image of the principle of asymmetry

Факторы нелинейности, или ненулевой кривизны геометрии «кирпичика», а также асимметричности находят естественное средство со структурно-функциональной латериза-

цией (зависимостью разделения на левое и правое полушария) мозга человека – обнаружению и интенсивному изучению нелинейности и асимметричности и в структуре, и в функциях мозга [7]. В здоровом состоянии полушария

мозга обмениваются информацией через мозолистое тело. Работу мозга также характеризует обмен информацией между кратковременным и долговременным ее подразделениями. Если представить любой динамический устойчивый процесс, то мы увидим колебания, лучше всего отражаемые на фазовой диаграмме.

Результаты исследования

Результаты применения инструментов

Точность и устойчивость в эволюции языков. Из таблиц 1 и 2 видно, что устойчивость и точность эволюции структур обеспечиваются, в частности, отношением эквивалентности, а значит связаны с разделением множества объектов на непересекающиеся классы эквивалентности. Часто эти классы принимают форму ветвей некоторого ветвящегося процесса [25]. В качестве примера рассмотрим дерево языков, появившееся из древнего праиндоевропейского языка (рис. 3)⁶.

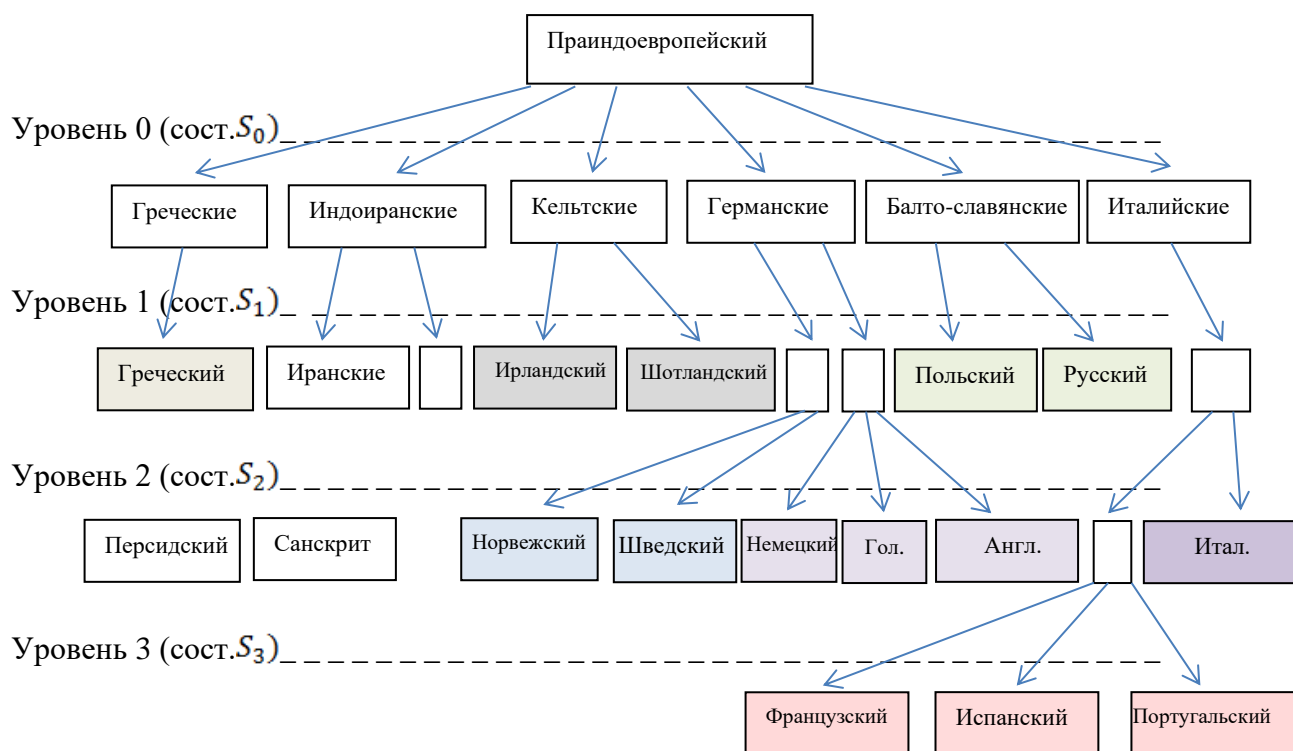


Рис. 3. Появление языков как форма выполнения условий устойчивости и точности знания в лингвистической эволюции

Fig. 3. The emergence of languages as a form of fulfilling the conditions of stability and accuracy of knowledge in the linguistic evolution of peoples

⁶ Каркас дерева языков заимствован из книги: Владстон Ф. Ф. Теоретический минимум по Computer Science. Все, что нужно знать программисту и разработчику. – СПб.: Питер, 2019. – 224 с.

В итоге язык человека [24] сохраняется и развивается благодаря бинарному отношению, заданному на множестве людей $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ в виде a_i Понимает a_j . Нетрудно убедиться, что это бинарное отношение обладает всеми тремя свойствами (рефлексивности, симметричности и транзитивности), т. е. является отношением эквивалентности с той оговоркой, что транзитивность выполняется в силу множественности словоупотребления (см. пример с урной Полюа в [24]).

Вследствие указанных выше свойств этого типа бинарного отношения возникают различные языки – классы эквивалентности. С одной стороны, это развитие лингвистического процесса на популяции людей, а с другой – устойчивое удержание языкового состояния $S_0 = S_1 = S_2 = S_3$, инвариантного по отношению к временным уровням (на рис. 3 это уровни 0, 1, 2, 3). Цена удержания этого состояния – появление новых языков (классов эквивалентности), диктуемых бинарным отношением a_i Понимает a_j , где $a_i, a_j \in A$ (A – множество людей). В языках программирования развиваются четыре ветви (класса эквивалентности): процедурные, объектно-ориентированные, функциональные и логические языки. Ветвление в соответствии с императивом устойчивости продолжается и внутри каждого из четырех типов языков. Среди языков людей (фразных языков) и языков программирования наблюдается общая тенденция к усилению абстрактности. Фразности языков соответствует появление паттернов проектирования в распределенных системах, что, по сути, отражает фундаментальную общую ос-

нову существования – оптимальное обеспечение устойчивости и точности человеческих языков и языков программирования.

О внутренней логике эволюции распределенных систем. Сервер (компьютер) на первой фазе (рис. 4, левая часть схемы) своей эволюции работал с несколькими приложениями (прикладными программами). Напомним, что в еще более раннюю эпоху компьютер выполнял одну прикладную программу. Следовательно, на первой фазе эволюции в рабочей среде выполнения программы компьютера произошло разделение на классы эквивалентности – несколько выполняемых приложений. Выявились и неудобства, в частности несбалансированность отводимой памяти под каждое приложение. Далее продолжилась та же тенденция ветвления, но теперь радикально новое: было придумано разделение на несколько виртуальных машин в среде выполнения программ одной физической машины (рис. 4, средняя часть схемы). Каждая из них обладала всеми атрибутами вычислительной машины, кроме «железа». Виртуальные машины – новые классы эквивалентности – продолжили тренд разработки устойчивой надежной системы, выполняющей точные задания. В этом же, по сути, тренде – но снова шаг вперед – были разработаны (более легкие, чем виртуальные машины) контейнеры (рис. 4, правая часть) и их паттерны и оркестраторы, которые стали новыми классами эквивалентности, заменив виртуальные машины с их тяжелыми цифровыми пространствами. Теперь не нужны стали отдельные операционные системы, появилась возможность канареечного развертывания (и масштабирования) системы в распределенную среду.

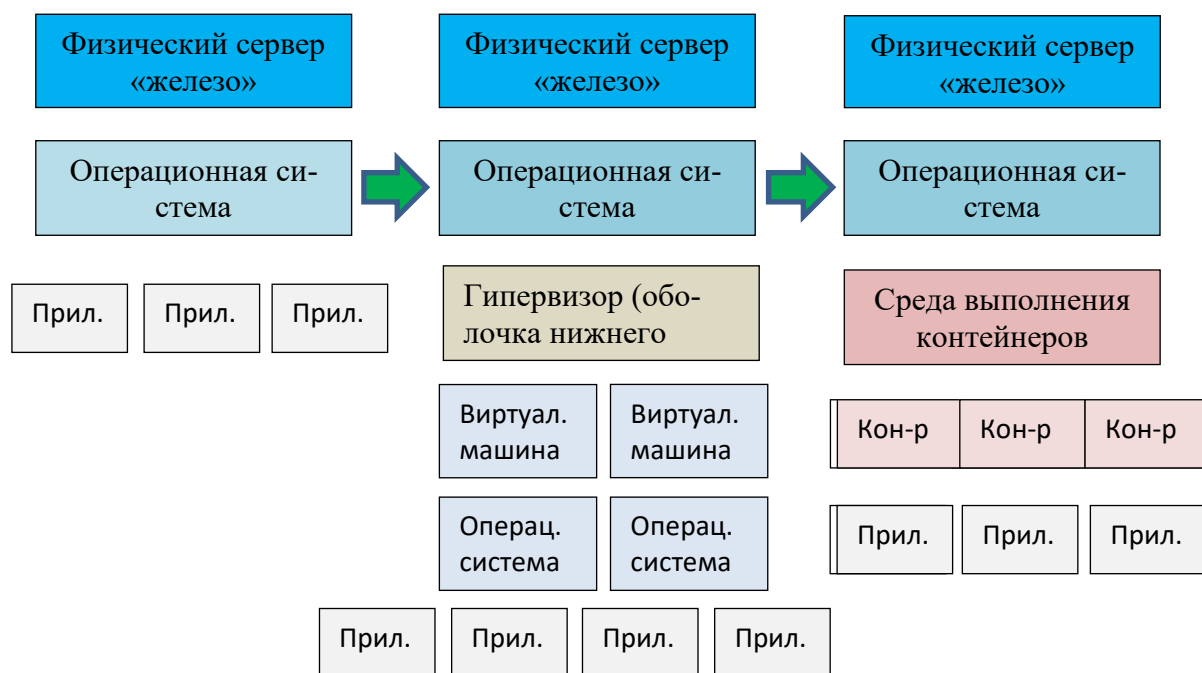


Рис. 4. Эволюция функционирования работы сервера с несколькими приложениями

Fig. 4. Evolution of server operation with multiple applications

Заключение

Мышление в профессиональной деятельности нельзя оторвать от предмета, и он диктует соответствующие инструменты. Однако предметное мышление связано с языком и его эволюцией, а последняя направлена в сторону роста рациональности, абстрактности и даже математизации. Те же тенденции наблюдаются в проектировании программных систем и особенно распределенных систем. Влияние идет в обоих направлениях, и появление паттернов проектирования приближает среду программирования к фразным (т. е. человеческим) языкам. Некоторые важные инструменты профессионального мышления сформулированы на точном языке информатики.

Обнаруживается, что переход от пространственно-временных координат мышления к структурно-информационным позволяет описать структуры устойчивого удержания предметного мышления. Этот же подход объясняет сохранение точного смысла языковых структур в условиях лингвистической эволюции путем появления новых классов эквивалентности – языков. Бриколаж геометрических образов позволяет подобрать подходящую опцию для визуализации набора универсальных инструментов ТРИЗ, и главными требованиями при этом являются кривизна и асимметричность фигуры. Данная методология позволяет увидеть логику эволюции программных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aho A. V. Computation and Computational Thinking // The Computer Journal. – 2012. – Vol. 55 (7). – P. 832–835. DOI: <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
2. Anderson N. D. A call for computational thinking in undergraduate psychology // Psychology Learning & Teaching. – 2016. – Vol. 15. – P. 226–234. DOI: <https://doi.org/10.1177/1475725716659252>



- URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Call-for-Computational-Thinking-in-Undergraduate-Anderson/5071423a0c5fe811a8dba6fd7a9ca6301f2aa54d>
3. Bers M. U., Flannery L., Kazakoff E. R., Sullivan A. Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum // *Computers & Education*. – 2014. – Vol. 72. – P. 145–157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
 4. Chaipidech P., Srisawasdi N., Kajornmanee T., Chaipah K. A personalized learning system-supported professional training model for teachers' TPACK development // *Computers and Education: Artificial Intelligence*. – 2022. – Vol. 3. – P. 100064. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100064>
 5. Çoban E., Korkmaz Ö. An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform // *Thinking Skills and Creativity*. – 2021. – Vol. 42. – P. 100929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100929>
 6. Denning P. J. Remaining Trouble Spots with Computational Thinking // *Communications of the ACM*. – 2017. – Vol. 60 (6). – P. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1145/2998438>
 7. Gerendai I., Halász B. Asymmetry of the neuroendocrine system // *Physiology*. – 2001. – Vol. 16 (2). – P. 92–95. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2001.16.2.92>
 8. Johnson S., Ramadas G. Disruptions in the process of engineering education – a curriculum design perspective // *Procedia Computer Science*. – 2020. – Vol. 172. – P. 277–282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.044>
 9. Kim J.-H., Nguyen N. T. T., Campbell R. C., Yoo S., Taraban R., Reible D. D. Developing reflective engineers through an arts-incorporated graduate course: A curriculum inquiry // *Thinking Skills and Creativity*. – 2021. – Vol. 42. – P. 100909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100909>
 10. Meneses L. F. S. Thinking critically through controversial issues on digital media: Dispositions and key criteria for content evaluation // *Thinking Skills and Creativity*. – 2021. – Vol. 42. – P. 100927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100927>
 11. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals // *Nature*. – 2016. – Vol. 534. – P. 320–322. DOI: <https://doi.org/10.1038/534320a>
 12. Richardson J. Book Review: *Antifragile: Things that Gain from Disorder*, by Nassim Nicholas Taleb // *World Futures Review*. – 2013. – Vol. 5 (2). – P. 219–221. DOI: <https://doi.org/10.1177/1946756713491391> URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Book-Review%3A-Antifragile%3A-Things-that-Gain-from-by-Richardson/6118e6373e7e07a24e9097f3f5aeb2ed9a1da784>
 13. Sallati C., de Andrade Bertazzi J., Schützer K. Professional skills in the Product Development Process: the contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario // *Procedia CIRP*. – 2019. – Vol. 84. – P. 203–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.214>
 14. Schipper T., Goei S. L., de Vries S., van Veen K. Professional growth in adaptive teaching competence as a result of Lesson Study // *Teaching and Teacher Education*. – 2017. – Vol. 68. – P. 289–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.09.015>
 15. Taleb N. N. On the statistical differences between binary forecasts and real-world payoffs // *International Journal of Forecasting*. – 2020. – Vol. 36 (4). – P. 1228–1240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.12.004>
 16. Taylor L. A., Oostdam R., Fukkink R. G. Standardising coaching of preservice teachers in the classroom: Development and trial of the synchronous online feedback tool (SOFT) // *Teaching and Teacher Education*. – 2022. – Vol. 117. – P. 103780. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103780>
 17. Wing J. M. Computational thinking // *Communications of the ACM*. – 2006. – Vol. 49 (3). – P. 33–35. DOI: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>



18. Zizka L., McGunagle D. M., Clark P. J. Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 279. – P. 123715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>
19. Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 402 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22330007>
20. Жафяров А. Ж. Критерий для исследования зависимых и независимых выборок в области образования // *Science for Education Today*. – 2022. – № 3. – С. 69–91. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2203.04> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48762161>
21. Пушкарёв Ю. В., Пушкарёва Е. А. Рефлексивные принципы развития личности в условиях изменяющегося информационного содержания // *Science for Education Today*. – 2019. – № 2. – С. 52–66. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1902.04> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38191464>
22. Пушкарёв Ю. В., Пушкарёва Е. А. Специфика информационного и коммуникационного развития образования: аналитика ценностных изменений до и после 2020 (критический обзор) // *Science for Education Today*. – 2021. – № 6. – С. 96–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2106.06> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47447640>
23. Трофимов В. М. О математической природе сообразительности // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2017. – № 4. – С. 151–170. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1704.10> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29962703>
24. Трофимов В. М. Что есть точное знание и как оно обеспечивается в когнитивных процессах // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2018. – № 4. – С. 141–157. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1804.09> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35605575>
25. Трофимов В. М. О природе устойчивости процесса во времени // *Science for Education Today*. – 2021. – № 5. – С. 27–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2105.02> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47136057>

Поступила: 25 июля 2022

Принята: 9 сентября 2022

Опубликована: 31 октября 2022

Информация об авторах

Трофимов Виктор Маратович

доктор физико-математических наук, профессор,
кафедра информационных систем и программирования,
Кубанский государственный технологический университет,
Московская ул., 2, 350072, Краснодар, Россия.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0691-6277>
E-mail: vtrofimov9@yahoo.com



Precise thinking tools and the impact of computer science on professional practice

Victor M. Trofimov  ¹

¹ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

Abstract

Introduction. *The main intellectual competence of IT professionals includes culture of thinking, the ability to generalize, analyze, and perceive information. But what do we mean by the culture of thinking today? If it is based on consistency and creativity, as leading IT-companies require from university graduates, it immediately indicates the complexity and even inconsistency of the requirements for the expected qualities of thinking from newly-qualified professionals. Because, on the one hand, they need to be able to systematize the available data into a certain structure; on the other hand, they have to abandon the existing one and achieve a fundamentally different solution.*

The purpose of this article is to identify the core of thinking tools in professional practice and describe precisely them using set-theoretical analysis.



Materials and Methods. *We proceed from the fact that thinking, as a part of the nature of reality, reaches the level required for professional practice when it satisfies at least three conditions: stability, accuracy and completeness of the description of a particular system or process. Since we cannot extract thinking from historical and cultural way of cognition, which is sometimes called an episteme, it is necessary, first of all, to rely on examples of such a context as the evolution of the linguistic state of the human population and the evolution of the architecture of the design of distributed systems in the information space. The mathematical basis is taken from the experience of teaching and using the set-theoretical method in mathematics disciplines within computer fields of study.*

Results. *Within the framework of the proposed methodology, some important tools of professional thinking are formulated in the precise language of computer science. The structures of stable retention of objective thinking, the accuracy of retention of meaning, the minimum completeness of the system, bricolage and the option of the basic figure of creativity visualization are described. This methodology allows to see the logic of branching in the evolution of different languages, as well as the logic of the evolution of software systems.*

Conclusions. *The set-theoretical tools of thinking reveal the logic within the development of distributed systems in the modern information environment and, apparently, significantly affect the tools of thinking in various fields of knowledge.*

For citation

Trofimov V. M. Precise thinking tools and the impact of computer science on professional practice. *Science for Education Today*, 2022, vol. 12 (5), pp. 72–89. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2205.05>

  Corresponding Author: Victor M. Trofimov, vtrofimov9@yahoo.com

© Victor M. Trofimov, 2022

**Keywords**

Culture of thinking; Methodology of professional practice; Computational thinking; Computer science; Sustainable development; Linguistic evolution; Information education; Distributed systems.

REFERENCES

1. Aho A. V. Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 2012, vol. 55 (7), pp. 832–835. DOI: <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
2. Anderson N. D. A call for computational thinking in undergraduate psychology. *Psychology Learning & Teaching*, 2016, vol. 15, pp. 226–234. DOI: <https://doi.org/10.1177/1475725716659252> URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Call-for-Computational-Thinking-in-Undergraduate-Anderson/5071423a0c5fe811a8dba6fd7a9ca6301f2aa54d>
3. Bers M. U., Flannery L., Kazakoff E. R., Sullivan A. Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 2014, vol. 72, pp. 145–157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020>
4. Chaipidech P., Srisawasdi N., Kajornmanee T., Chaipah K. A personalized learning system-supported professional training model for teachers' TPACK development. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2022, vol. 3, pp. 100064. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100064>
5. Çoban E., Korkmaz Ö. An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform. *Thinking Skills and Creativity*, 2021, vol. 42, pp. 100929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100929>
6. Denning P. J. Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 2017, vol. 60 (6), pp. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1145/2998438>
7. Gerendai I., Halász B. Asymmetry of the neuroendocrine system. *Physiology*, 2001, vol. 16 (2), pp. 92–95. DOI: <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.2001.16.2.92>
8. Johnson S., Ramadas G. Disruptions in the process of engineering education – a curriculum design perspective. *Procedia Computer Science*, 2020, vol. 172, pp. 277–282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.044>
9. Kim J.-H., Nguyen N. T. T., Campbell R. C., Yoo S., Taraban R., Reible D. D. Developing reflective engineers through an arts-incorporated graduate course: A curriculum inquiry. *Thinking Skills and Creativity*, 2021, vol. 42, pp. 100909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100909>
10. Meneses L. F. S. Thinking critically through controversial issues on digital media: Dispositions and key criteria for content evaluation. *Thinking Skills and Creativity*, 2021, vol. 42, pp. 100927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100927>
11. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the interactions between sustainable development goals. *Nature*, 2016, vol. 534, pp. 320–322. DOI: <https://doi.org/10.1038/534320a>
12. Richardson J. Book Review: Antifragile: Things that Gain from Disorder, by Nassim Nicholas Taleb. *World Futures Review*, 2013, vol. 5 (2), pp. 219–221. DOI: <https://doi.org/10.1177/1946756713491391> URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Book-Review%3A-Antifragile%3A-Things-that-Gain-from-by-Richardson/6118e6373e7e07a24e9097f3f5aeb2ed9a1da784>
13. Sallati C., de Andrade Bertazzi J., Schützer K. Professional skills in the Product Development Process: the contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario. *Procedia CIRP*, 2019, vol. 84, pp. 203–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.214>



14. Schipper T., Goei S. L., de Vries S., van Veen K. Professional growth in adaptive teaching competence as a result of lesson study. *Teaching and Teacher Education*, 2017, vol. 68, pp. 289–303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.09.015>
15. Taleb N. N. On the statistical differences between binary forecasts and real-world payoffs. *International Journal of Forecasting*, 2020, vol. 36 (4), pp. 1228–1240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.12.004>
16. Taylor L. A., Oostdam R., Fukkink R. G. Standardising coaching of preservice teachers in the classroom: Development and trial of the synchronous online feedback tool (SOFT). *Teaching and Teacher Education*, 2022, vol. 117, pp. 103780. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103780>
17. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 2006, vol. 49 (3), pp. 33–35. DOI: <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
18. Zizka L., McGunagle D. M., Clark P. J. Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 279, pp. 123715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>
19. Altshuller G. R. *To find Idea: Introduction in TRIZ – Theory of solution of invention tasks*. Moscow, Alpina Publisher Publ., 2008, 402 p. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22330007>
20. Zhafyarov A. Z. Criteria for studying dependent and independent samples in the field of education. *Science for Education Today*, 2022, vol. 12 (3), pp. 69–91. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2203.04> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48762161>
21. Pushkarev Y. V., Pushkareva E. A. Reflexive principles of personal development in the changing information content. *Science for Education Today*, 2019, vol. 9 (2), pp. 52–66. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1902.04> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38191464>
22. Pushkarev Y. V., Pushkareva E. A. Specifics of information and communication developments in education: Analysis of value changes before and after 2020 (A critical review). *Science for Education Today*, 2021, vol. 11 (6), pp. 96–119. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2106.06> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47447640>
23. Trofimov V. M. About the mathematical nature of acumen. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2017, vol. 7 (4), pp. 151–170. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1704.10> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29962703>
24. Trofimov V. M. What is the exact knowledge and how it is produced in the cognitive processes. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2018, vol. 8 (4), pp. 141–157. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1804.09> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35605575>
25. Trofimov V. M. On the nature of the sustainability of the process in time. *Science for Education Today*, 2021, vol. 11 (5), pp. 27–42. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2105.02> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47136057>

Submitted: 24 July 2022

Accepted: 9 September 2022

Published: 31 October 2022



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).





Information about the Authors

Victor Maratovich Trofimov

Doctor of Physics-Mathematical Sciences, Professor,
Department of Informational Systems and Computer Science,
Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya str., 350072, Krasnodar, Russian Federation.
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0691-6277>
E-mail: vtrofimov9@yahoo.com