

Эволюция и перспективы применения трёхмерной интерактивной модели компьютера в информатике

Бойков Е.В. Яркова А.В.
КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск, Россия

В статье описан опыт создания и развития трёхмерной интерактивной модели архитектуры компьютера, которая используется в курсе информатики для визуализации и моделирования информационных процессов. В течение десяти лет модель дорабатывалась и проходила апробацию в учебном процессе. В работе раскрываются принципы её построения, внутренняя структура и педагогические результаты применения. Модель даёт возможность изучать процессор, память и логические схемы через наглядное взаимодействие и запуск симуляций, что помогает перейти от абстрактных объяснений к понятному представлению вычислительных процессов.

Сравнительный эксперимент и анализ знаний выпускников показали более высокий уровень усвоения материала и более глубокое понимание архитектурных принципов у студентов, работавших с интерактивной средой. Их знания оказались более устойчивыми во времени. Также рассматриваются направления дальнейшего развития модели, её интеграция в цифровые образовательные платформы, расширение функциональности и обеспечение работы на разных устройствах. Предложенный подход может рассматриваться как эффективный инструмент для наглядного представления и осмысленного изучения информационных процессов в вычислительных системах.

1. Введение

Предлагаемая статья задумана и написана с дальним прицелом – показать преимущества тропической (идемпотентной) математики перед традиционными подходами при использовании математических методов в науках об обществе, включая психологию и социологию. Ближайшая цель – наглядно продемонстрировать одно из таких преимуществ на простом, но содержательном примере. В этом качестве использована визуализация результатов опроса, проведенного в рамках исследования социальных представлений о будущем (Ноакк, Костина, Ивлева, 2025). В данном случае из всего аппарата тропической математики используются лишь отдельные элементы тропической геометрии и только для визуализации ранее полученных результатов наряду с классической схемой Вержеса. Это позволяет не перегружать потенциального читателя новыми для него понятиями и обозначениями, а также сравнить преимущества того и другого подхода. Речь идет, скорее, о дополнении одного подхода другим (Козырев, 2025), (Baldwin, Klempner, 2019).

Термин «визуализация» в данном случае понимается достаточно широко, то есть под визуализацией понимаются не только рисунки, графики и диаграммы, но и другие способы представления информации, облегчающие ее восприятие, в том числе это классическая классификация Вержеса, используемая ниже для сравнения с визуализацией на основе тропической геометрии.

Визуализация результатов исследований в области социальной психологии, как и в любых других исследованиях, существенно облегчает осмысление полученных результатов, но одновременно накладывает определенные ограничения. В частности, это касается размерности рассматриваемых геометрических объектов или числа переменных. По этой причине далее число переменных сведено к минимуму, а тропическая гиперповерхность – это тропическая прямая (Литвинов, 2005).

2. Основная часть.

2.1. Классические подходы к представлению результатов исследования

Методика визуализации архитектуры вычислительной системы с использованием трёхмерной интерактивной модели основана на синтезе положений когнитивной психологии, информационной визуализации и цифрового моделирования. Теоретическую основу составляют принцип визуально-кинестетического представления, концепция уровней обработки информации и использование симулятивной среды для структурирования действий пользователя [2-4].

Одной из ключевых проблем изучения технических аспектов информатики остаётся разрыв между абстрактным знаковым представлением информации (двоичный код, логические функции, адресация памяти) и повседневным цифровым опытом обучающихся, ориентированным на визуальные интерфейсы. Традиционные средства обучения — текстовые описания и статические схемы —

затрудняют формирование целостного представления о принципах функционирования компьютера и приводят к фрагментарному усвоению материала.

Преодоление данного разрыва обеспечивается за счёт визуально-кинестетического моделирования, при котором абстрактные понятия представлены в виде пространственно-манипулятивных объектов. В соответствии с теорией двойного кодирования А. Паавио одновременное задействование визуального и вербального каналов повышает глубину обработки и устойчивость запоминания информации. Трёхмерная интерактивная модель архитектурных компонентов компьютера (процессор, память, логические узлы) функционирует как самостоятельный носитель информации, вовлекая пользователя в моделирование сигналов, состояний и базовых операций.

Такой подход способствует формированию сенсомоторных когнитивных схем — устойчивых связей между действиями, визуальными реакциями и понятийным содержанием. Пользователь не воспроизводит описание процесса, а инициирует его и анализирует результат. Например, работа с моделью магнитного накопителя включает моделирование записи, движения головки и намагничивания, что позволяет выстраивать причинно-следственные связи между операциями и состояниями системы (Рисунок 1).

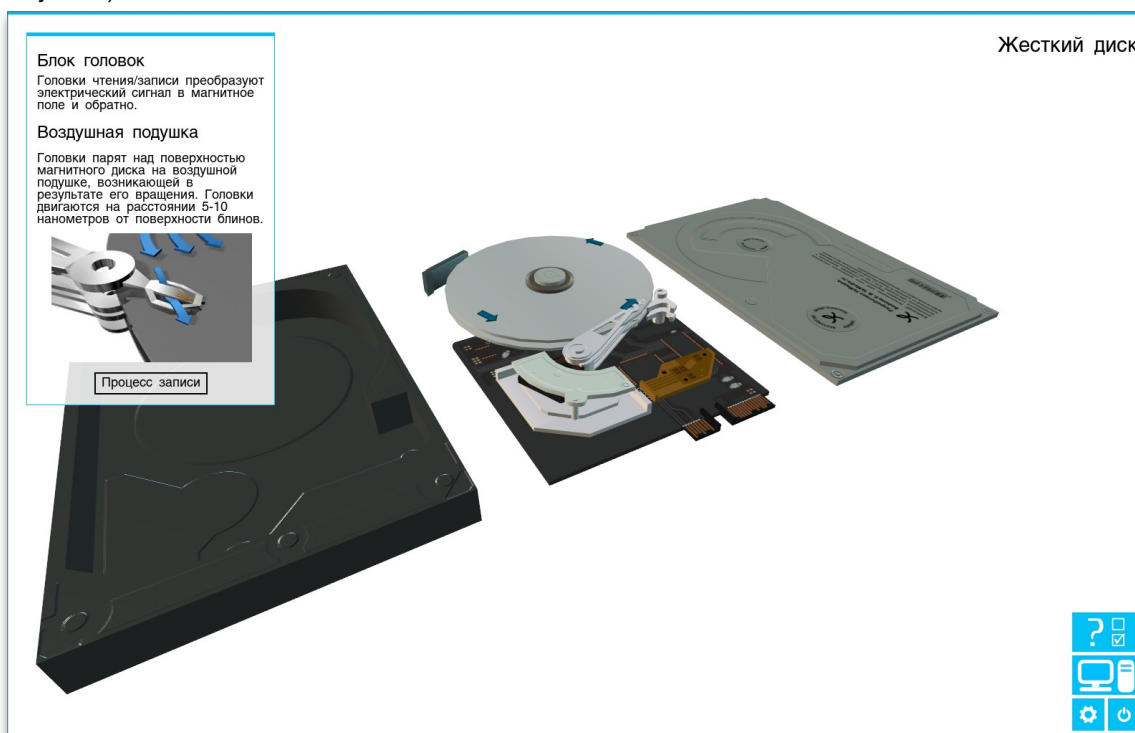


Рисунок 1. Блок головок и процесс записи информации на жестком диске

Дополнительным фактором эффективности является учёт ограничений кратковременной памяти (7 ± 2 единицы по Дж. Миллеру). Интерактивная модель реализует поэтапное раскрытие информации. Название элемента, его описание и анимация активируются последовательно, что снижает когнитивную нагрузку и способствует формированию устойчивых информационных структур.

Для повышения вовлечённости используется принцип сценарной симуляции, при котором работа с моделью организована как последовательность инженерных задач по сборке и настройке вычислительной системы. Компоненты модели становятся доступными после выполнения мини-заданий, что реализует проблемно-ориентированный подход и переводит изучение архитектуры компьютера в плоскость практического анализа информационных процессов.

Таким образом, предложенная методика обеспечивает трансляцию абстрактных архитектурных концепций в наглядную и управляемую форму. Трёхмерная интерактивная модель выступает не только средством визуализации, но и средой анализа и интерпретации, в которой информационные процессы становятся объектом моделирования, исследования и осмысленного понимания.

2.2. Трёхмерная интерактивная модель как ядро цифровой среды

Разработанная трёхмерная интерактивная модель архитектуры компьютера представляет собой цифровую среду, обеспечивающую системное представление принципов функционирования

вычислительной системы. Геометрические и визуальные компоненты модели разработаны в среде 3ds Max, а программная реализация и сборка интерактивного приложения выполнены на платформе Unity, что обеспечивает кроссплатформенную доступность модели.

Контент модели структурирован в виде интерактивных элементов и сценариев, в рамках которых пользователь выполняет визуальный анализ, манипуляции и симуляцию информационных процессов. Приложение функционирует на персональных компьютерах и мобильных устройствах, сохраняя единый набор сценариев и средств навигации. Свободное управление ракурсами и уровнями детализации позволяет индивидуализировать траекторию изучения, а контекстные подсказки обеспечивают точечную информационную поддержку без увеличения когнитивной нагрузки.

Ключевыми компонентами модели являются управляемые анимации, демонстрирующие работу процессора, памяти, шин и арифметико-логических узлов. Пользователь инициирует процессы, изменяет параметры и анализирует отклик системы, выявляя причинно-следственные связи между действиями и состояниями компонентов, что обеспечивает переход от декларативных знаний к операциональному пониманию информационных процессов (Рисунок 2).

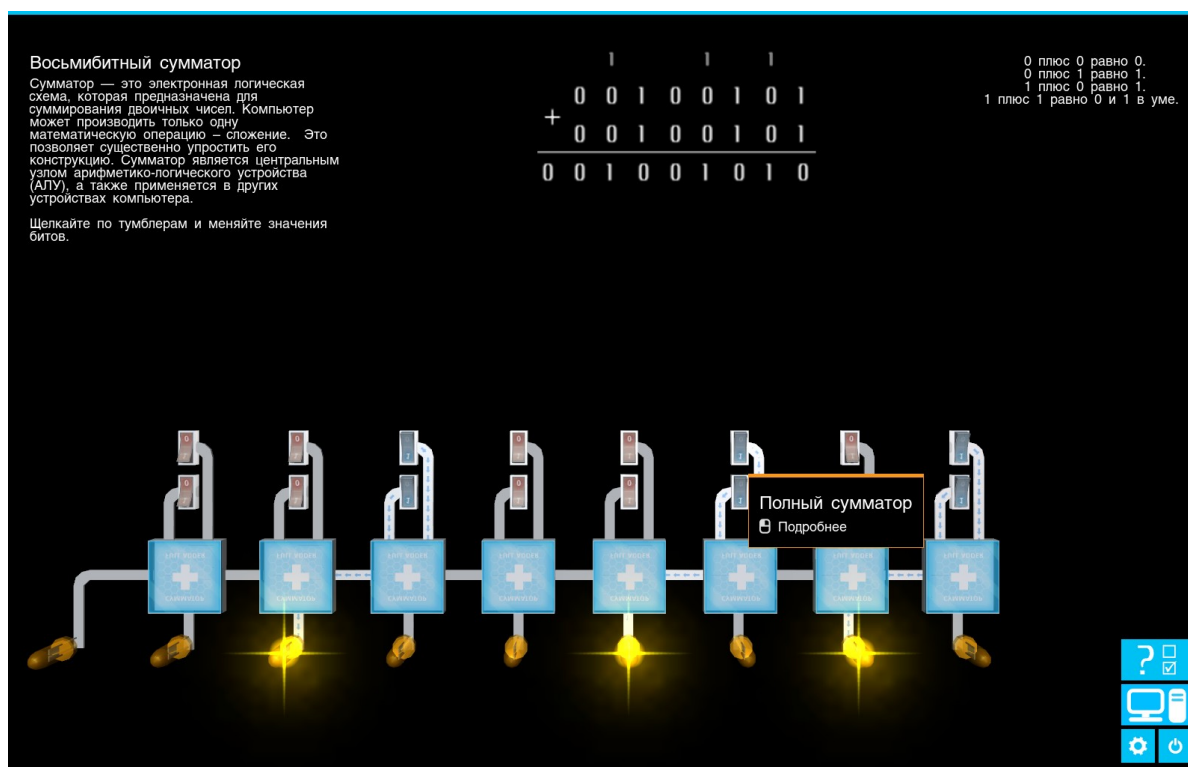


Рисунок 2. Двоичный код и работа процессора

Практические задания интегрированы непосредственно в цифровую среду и реализуются через действие: экспериментальное формирование таблиц истинности, моделирование работы сумматора, распознавание и конфигурацию аппаратных компонентов. Такой формат исключает механическое воспроизведение и способствует интеграции визуальных и логических представлений.

Организация модели основана на иерархической визуальной навигации с использованием структурной карты в виде трёхмерного представления компьютера, позволяющей переходить от общего вида системы к детальному анализу отдельных узлов (Рисунок 3).



Рисунок 3. Главное меню учебника

Таким образом, трёхмерная интерактивная модель выступает не как вспомогательный визуализатор, а как самостоятельная цифровая информационно-образовательная экосистема. Она объединяет визуализацию, моделирование, симуляцию и обратную связь в единой среде, которая поддерживает исследование, экспериментирование и анализ информационных процессов внутри компьютера. Это позволяет пользователю выстраивать собственные когнитивные модели и формировать устойчивые знания, применимые в инженерных и прикладных контекстах.

2.3. Апробация методики и анализ результатов

Оценка эффективности трёхмерной интерактивной модели архитектуры компьютера проводилась в два этапа: контролируемое экспериментальное исследование с участием студентов и ретроспективный анализ остаточных знаний выпускников. Такой дизайн позволил оценить как текущие учебные результаты, так и долговременное влияние модели на формирование представлений об информационных процессах.

В эксперименте участвовали 115 студентов, распределённых на контрольную и экспериментальную группы. Учебный контент в обеих группах был идентичным; различие заключалось в формате взаимодействия: контрольная группа использовала статические материалы, экспериментальная — трёхмерную интерактивную модель с визуальной симуляцией архитектурных компонентов компьютера. Итоговое тестирование показало значимые различия в динамике усвоения: доля студентов с высоким уровнем понимания в экспериментальной группе увеличилась на 28–35% против 6–15% в контрольной, при одновременном снижении доли низких результатов на 36% и 25% соответственно. Статистическая обработка (критерий Крамера–Уэлча) подтвердила значимость различий ($p \leq 0,05$). Кроме того, 65,9% участников экспериментальной группы отметили высокую мотивационную привлекательность формата.

Долгосрочный эффект оценивался через 5 лет после обучения на выборке из 80 выпускников. Для диагностики остаточных знаний применялся комплекс методик: перцептивный тест на распознавание компонентов, кейс-задача по проектированию вычислительной системы и тест на понимание принципов работы ключевых узлов. Результаты (таблица) демонстрируют устойчивое преимущество экспериментальной группы: точность распознавания компонентов составила 88,5% при среднем времени отклика 3,2 с против 71,3% и 5,7 с в контрольной группе; доля критических ошибок в кейсах была почти в три раза ниже.

Таблица 1. Сравнительные результаты оценки остаточных знаний у выпускников через 5 лет после обучения

Когорта	Э (n=40)	К (n=40)
Перцептивный тест, % правильных ответов	88.5% (± 4.2)	71.3% (± 6.8)
Перцептивный тест, среднее время верного ответа (сек.)	3.2 (± 0.8)	5.7 (± 1.4)
Тест на принципы, средний балл (из 10)	7.8 (± 1.5)	5.4 (± 2.1)
Кейс, средняя оценка (из 5)	4.1 (± 0.7)	3.0 (± 1.0)
Кейс, доля критических ошибок совместимости	12.5%	37.5%

Качественный анализ показал различия в структуре знаний. Выпускники экспериментальной группы оперировали пространственно-функциональными представлениями процессов, тогда как в контрольной группе преобладали декларативные знания без понимания механизмов.

Таким образом, использование трёхмерной интерактивной модели обеспечивает не только краткосрочный прирост учебных результатов, но и формирование устойчивых долговременных когнитивных структур, повышающих качество интерпретации и применения знаний в профессиональных контекстах.

3. Итог

Результаты проведённого исследования и многолетней апробации подтверждают эффективность трёхмерной интерактивной модели архитектуры компьютера как инструмента визуализации и моделирования информационных процессов. Использование данной цифровой среды не только обеспечивает повышение уровня усвоения материала в краткосрочной перспективе, но и способствует формированию устойчивых когнитивных структур, сохраняющихся в долгосрочной памяти. Закреплённые в форме сенсомоторных образов, визуальные представления и логические связи между компонентами системы выполняют функцию когнитивных якорей, значительно снижая вероятность критических ошибок в дальнейшем профессиональном применении знаний.

Развитие модели должно ориентироваться на технологическую и функциональную модернизацию. Ключевым направлением является переход к кроссплатформенной реализации с использованием WebGL, позволяющей интегрировать модель в распространённые LMS (например, Moodle) и обеспечить доступ с любых устройств. Такая архитектура открывает возможности для автоматизированного сбора аналитики, мониторинга учебной активности и персонализированной поддержки обучающихся [7].

Дополнительные перспективы включают создание мобильной версии, внедрение VR-поддержки, адаптацию графики к современным визуальным стандартам, а также реализацию многоуровневых пользовательских сценариев с учётом различной глубины погружения. Особый интерес представляют технологии автоматической озвучки и распознавания, обеспечивающие доступность модели для пользователей с разными когнитивными профилями и устройствами.

Таким образом, пройденный за десятилетие путь — от концептуального прототипа до полноценной цифровой среды моделирования — подтверждает жизнеспособность предложенного подхода. В условиях цифровой трансформации образования, запросов на интерактивность, наглядность и адаптивность обучения, трёхмерная интерактивная модель выступает как перспективное решение для формирования системного понимания информационных процессов в вычислительных системах. Её дальнейшее развитие будет способствовать не только сохранению, но и расширению дидактического и технологического потенциала цифровых образовательных инструментов.

Литература.

1. Асмолов А. Г., Шехтер И. Д., Чернявская А. Г. Поколение Z: портрет на фоне эпохи цифровой социализации // Вопросы психологии. 2020. Т. 66, № 3. С. 3–14.

2. Величковский Б. М. Когнитивная наука: основы психологии познания : учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2025. 783 с. ISBN 978-5-534-18366-5. (Объединены т. 1–2 в 1 книгу 2025 г.; для памяти/восприятия, двойного кодирования).
3. Солсо Р. Л. Когнитивная психология. 10-е изд., международное. СПб. : Питер, 2022. 588 с.
4. Андерсон Дж. Р. Когнитивная психология и ее приложения / пер. с англ. А. В. Барчукова, А. Л. Поповой ; под науч. ред. Б. М. Величковского. 8-е изд. М. : Диалектика, 2022. 640 с.
5. Патаракин Е. Д., Ярмахов Б. Б. Геймификация в образовании: исторический обзор, методики, инструменты. М. : Библиотека журнала «Директор школы», 2021. 144 с.
6. Роберт И. В., Панюкова С. В., Кузнецов А. А. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). 3-е изд., перераб. и доп. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. 398 с.
7. Саванкова А. В. Разработка электронного учебного курса по компьютерной графике и анимации на основе Moodle // Инновационные системы электронного обучения. 2024. № 1. С. 1–10.
8. Уваров А. Ю., Цветкова М. С. Цифровая трансформация школы: вызовы и перспективы : монография. 2-е изд. М. : Образование и информатика, 2023. 200 с.
9. Филиппова И. А. ИИ и цифровые технологии в образовании : учеб. пособие. 2-е изд. Н. Новгород : ННГУ, 2025. 179 с.

References in Cyrillics

1. Asmolov, A. G., Shekhter, I. D., & Chernyavskaya, A. G. (2020). Generation Z: A portrait against the backdrop of the era of digital socialization. *Voprosy Psichologii*, 66(3), 3–14.
2. Velichkovsky, B. M. (2025). *Cognitive science: Foundations of the psychology of cognition* (2nd ed., corrected and expanded). Moscow: Yurayt. (Vols. 1–2 combined into 1 book in 2025; for memory/perception, dual coding).
3. Solso, R. L. (2022). *Cognitive psychology* (10th international ed.). St. Petersburg: Piter.
4. Anderson, J. R. (2022). *Cognitive psychology and its implications* (8th ed., A. V. Barchukov & A. L. Popova, Trans.; B. M. Velichkovsky, Ed.). Moscow: Dialektika.
5. Patarakin, E. D., & Yarmakhov, B. B. (2021). Gamification in education: Historical overview, methods, tools. Moscow: Library of the Journal "Director of School".
6. Robert, I. V., Panyukova, S. V., & Kuznetsov, A. A. (2020). *Theory and methodology of informatization of education (psychological-pedagogical and technological aspects)* (3rd ed., revised and expanded). Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge.
7. Savankova, A. V. (2024). Development of an electronic training course in computer graphics and animation based on Moodle. *Innovative E-learning Systems*, (1), 1–10.
8. Uvarov, A. Yu., & Tsvetkova, M. S. (2023). *Digital transformation of the school: Challenges and prospects* (2nd ed.). Moscow: Education and Informatics.
9. Filippova, I. A. (2025). *AI and digital technologies in education* (2nd ed.). Nizhny Novgorod: Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN).

Ключевые слова

информационные процессы, цифровое моделирование, 3D-визуализация, интерактивная модель, симуляция

Бойков Евгений Викторович
кандидат педагогических наук
Красноярский институт железнодорожного транспорта — филиал ФГБОУ ВО ИрГУПС
Красноярск ORCID iD: 0009-0004-0364-1345
yemedia@ya.ru

Яркова Анастасия Владимировна
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Институт компьютерных наук и кибербезопасности
Санкт-Петербург
ya.nastey.02@gmail.com

Boykov Evgeniy, Yarkova Anastasia, Evolution and Prospects of Using a Three-Dimensional Interactive Computer Model in Computer Science

Keywords

information processes, digital modeling, 3D visualization, interactive model, simulation.

Abstract

The article describes the experience of creating and developing a three-dimensional interactive model of computer architecture, which is used in a computer science course for visualizing and modeling information processes. Over the course of ten years, the model has been refined and tested in the educational process. The paper reveals the principles of its construction, its internal structure, and the pedagogical results of its application. The model makes it possible to study the processor, memory, and logic circuits through visual interaction and the launch of simulations, which helps transition from abstract explanations to a clear representation of computational processes.

A comparative experiment and analysis of graduates' knowledge showed a higher level of material comprehension and a deeper understanding of architectural principles among students who worked with the interactive environment. Their knowledge also proved to be more durable over time. The paper also discusses future directions for the development of the model, its integration into digital educational platforms, the expansion of its functionality, and ensuring its operation on various devices. The proposed approach can be considered an effective tool for the visual representation and meaningful study of information processes in computing systems.