

оценки уровня ее конкурентоспособности // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2022. №4. Стр. 129-140

6. Сергей Олегович Крамаров, Александр Николаевич Кузьминов, Наталья Александровна Рутта, Людмила Викторовна Сахарова, Елена Владимировна Гребенюк Искусственный интеллект в контроле и управлении финансами корпорации // Вестник СурГУ. 2023. №4 (42).

УДК 378:004.4

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-292

**Пилип Павел Александрович**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*pilip.pa@edu.spbstu.ru*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ В ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ 3D-МОДЕЛЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы к оптимизации образовательного процесса в виртуальных лабораториях (ВЛ) путем выбора оптимального уровня детализации 3D-моделей. Проведен анализ влияния различных уровней детализации на когнитивную нагрузку обучающихся, производительность системы и удобство взаимодействия. Исследование основано на критическом анализе существующих научных работ и практических разработок в области виртуального обучения. На основе проведенного исследования предложены рекомендации по выбору уровня детализации 3D-моделей в зависимости от целей обучения и технических возможностей ВЛ.

**Ключевые слова:** виртуальные лаборатории, 3D-модели, оптимизация обучения, уровень детализации, виртуальная реальность.

**Pavel A. Pilip**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

*pilip.pa@edu.spbstu.ru*

## **OPTIMIZING THE TRAINING PROCESS OF VIRTUAL LABORATORIES DEPENDING ON THE LEVEL OF DETAILS OF 3D-MODELS**

**Abstract.** The article discusses approaches to optimizing the educational process in virtual laboratories (VL) by choosing the optimal level of detail of 3D-models. The analysis of the impact of various levels of detail on the cognitive load of students, system performance and ease of interaction is carried out. The research is based on a critical analysis of existing scientific papers and practical developments in the field of virtual learning. Based on the conducted research, recommendations are proposed for choosing the level of detail of 3D-models, depending on the learning objectives and technical capabilities of VL.

**Keywords:** virtual laboratories, 3D-models, training optimization, level of detail, virtual reality.

### **Введение**

Использование виртуальных лабораторий (ВЛ) в образовательном процессе значительно расширяет возможности обучения, позволяя обучающимся изучать сложные технические дисциплины в интерактивной среде [1]. Одним из ключевых аспектов успешного функционирования ВЛ является визуальная составляющая, в частности детализация 3D-моделей. Уровень детализации влияет как на производительность программного обеспечения, так и на восприятие учебного материала [2].

Слишком детализированные модели могут создавать дополнительную когнитивную нагрузку, отвлекать внимание обучающихся и требовать высоких вычислительных мощностей, что снижает доступность технологии [3]. В то же время чрезмерно упрощенные модели могут ухудшать понимание материала из-за недостаточной визуальной информативности [4]. Оптимальный баланс детализации моделей позволяет повысить эффективность обучения, обеспечивая достаточную информативность при минимальных затратах вычислительных ресурсов.

**Цель исследования** – провести анализ влияния детализации 3D-моделей на процесс обучения в виртуальных лабораториях и предложить метод оптимизации процесса обучения.

### **Методы исследования**

В качестве основных методов исследования использовали обзорно-аналитический метод и сравнительный анализ. Для поиска информации применяли сервисы eLIBRARY, КиберЛенинка, Scopus, Google Scholar, Web of Science. Основу лингвистического моделирования предметного поля составляли ключевые слова: виртуальные лаборатории, 3D-модели, оптимизация обучения, уровень детализации, виртуальная реальность, когнитивная нагрузка, производительность системы. Данные для анализа получены из технической документации, научных публикаций, учебных пособий и практических реализаций в 3D-движках.

### **Результаты**

Уровень детализации 3D-моделей способен оказывать значительное влияние на эффективность образовательного процесса. Результаты сравнительного анализа влияния уровня детализации 3D-моделей на процесс обучения в ВЛ представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сравнительный анализ влияния уровня детализации 3D-моделей на процесс обучения в виртуальных лабораториях**

<b>Уровень детализации</b>	<b>Низкий</b>	<b>Средний</b>	<b>Высокий</b>
Когнитивная нагрузка	Простые модели снижают когнитивную нагрузку, позволяя обучающимся сосредоточиться на ключевых понятиях. Однако могут возникнуть проблемы при объяснении сложных взаимосвязей между элементами.	Умеренная нагрузка позволяет достигать баланса между визуализацией и усвоением. Визуальные образы подкрепляют учебный материал.	Высокий уровень детализации может перегрузить внимание, особенно у обучающихся без подготовки. Возможна потеря фокуса на задаче.
Производительность	Минимальные ресурсы позволяют использовать ВЛ даже на слабых устройствах. Это повышает доступность платформ.	Ресурсы требуются умеренные, что делает этот уровень универсальным для большинства систем.	Серьезные требования к ресурсам. Возможны задержки в работе даже на мощных системах.
Восприятие информации	Визуально модели упрощены, что снижает их образовательную ценность при изучении технических деталей.	Достаточно информативны, чтобы показать структуру и взаимодействие объектов, не перегружая деталями.	Максимально приближены к реальности. Полезны для симуляций и узкоспециализированных предметов.
Мотивация обучающихся	Отсутствие реализма снижает интерес. Обучающиеся могут воспринимать такие модели как несерьезные.	Визуальный реализм вызывает устойчивый интерес, не отвлекая от сути.	Реализм вовлекает, но может отвлекать на эстетическую часть. Иногда заменяет учебную мотивацию визуальным интересом.
Время выполнения заданий	Простота позволяет быстро выполнять задания, но глубина	Задания занимают умеренное время, позволяя обучающимся	Выполнение заданий усложняется: повышается время, количество ошибок.

Уровень детализации	Низкий	Средний	Высокий
	понимания часто страдает.	сосредоточиться на содержании.	
Адаптация под обучение	Эффективны на вводных курсах или при повторении материала. Не подходят для обучения точным навыкам.	Идеальны для практических лабораторий и инженерных курсов.	Целесообразно для крупных проектов и исследовательских задач.
Техническая доступность	Подходят для мобильных приложений, удаленного доступа и ограниченных по ресурсам систем.	Используются как на ПК, так и на планшетах и мощных смартфонах.	Подходят только для высокопроизводительных систем и VR-шлемов.

Для выбора оптимального уровня детализации в рамках образовательного процесса была разработана следующая формула:

$$D_{opt.} = \frac{I_{обр.} \cdot P_{сис.}}{C_{нагр.}},$$

где  $I_{обр.}$  – информативность модели в рамках обучения,

$P_{сис.}$  – доступная производительность системы,

$C_{нагр.}$  – когнитивная нагрузка обучающегося.

Данная формула отражает необходимость достижения баланса между тремя ключевыми компонентами: ценностью модели для образования, техническими возможностями системы и комфортом восприятия информации. Представленный подход аналогичен тем, что используются в исследованиях по адаптивным пользовательским интерфейсам и визуализации учебного контента [5].

Показатель информативности описывает, насколько модель передает ключевые знания. Производительность указывает, сможет ли система обрабатывать данную модель в реальном времени. Когнитивная нагрузка, как результат визуальной и информационной сложности, противопоставляется двум другим факторам. Таким образом, если нагрузка высока, даже при хорошей визуализации и мощности системы, модель будет менее эффективной.

Применение данной формулы позволяет проектировщикам ВЛ принимать обоснованные решения при выборе и создании моделей для дальнейшего обучения в виртуальных лабораториях.

### **Заключение**

Оптимизация уровня детализации 3D-моделей в виртуальных лабораториях позволяет повысить эффективность образовательного процесса за счет баланса между визуальной информативностью, когнитивной нагрузкой и производительностью системы. Систематизация существующих подходов и формализация факторов, влияющих на восприятие, позволили разработать универсальную формулу для выбора оптимального уровня детализации. Применение данной методологии способствует более осознанному проектированию ВЛ в целях обучающегося процесса, учитывающему технические ограничения и дидактические цели.

### **Библиографический список**

1. Radianti J., Majchrzak T.A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda // *Computers & Education*. – 2020. – Vol. 147. – Art. 103778. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
2. Billinghurst M., Clark A., Lee G. A survey of augmented reality // *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*. 2015. – Vol. 8. – No. 2–3. – P. 73–272. DOI: 10.1561/11000000049.
3. Sweller J., Ayres P., Kalyuga S. *Cognitive Load Theory*. – New York: Springer, 2011. – 274 p. DOI: 10.1007/978-1-4419-8126-4.
4. Mayer R.E. *Cognitive Theory of Multimedia Learning* // *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – P. 31–48. DOI: 10.1017/CBO9780511816819.004.
5. Dey A.K., Abowd G.D. Towards a better understanding of context and context-awareness // *Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*. – Springer, 1999. – P. 304–307. DOI: 10.1007/3-540-48157-5\_29.