

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММЕРСИВНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

Курзаева Л.В., Курзаев Д.О., Корнев Р., Майоров П.Е., Егоров М.И.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,

Магнитогорск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

Разработка и применение иммерсивных средств обучения открывают новые перспективы для развития систем обучения, актуализируя вопросы их эффективности. Целью представленной статьи является описание одного из вариантов методики оценки иммерсивных средств обучения с точки зрения экономической, дидактической эффективности и «иммерсивности» контента и созданной среды обучения. Предпринята попытка систематизации, обобщения метрик и способов оценки иммерсивных средств обучения на примере тренажера «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором машины непрерывного литья заготовок», разработанного на основе технологии виртуальной реальности. Оценка эффективности по предлагаемой методике состоит из трех компонентов: экономического (стоимостная оценка), дидактического (оценка в отношении результатов обучения) и собственно иммерсивного (оценка адекватности воспроизведения среды и уровня реализации эффекта «погружения»). Отдельно выделены группы факторов, влияющих на процесс обучения и иммерсивность контента и созданной среды обучения: визуализация (реалистичность контента, анимации), звуковое сопровождение (звуковые эффекты и диалоги), здоровьесбережение и удобство, обучение (сценарий, подсистема контроля, режимы). Данная статья будет полезна не только разработчикам иммерсивных средств обучения – тренажеров и симуляторов, но и предприятиям, заинтересованным во внедрении подобных средств обучения.

Ключевые слова: виртуальная реальность, иммерсивность, VR-тренажер, цифровизация, эффективность обучения

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF IMMERSIVE LEARNING TOOLS

Kurzaeva L.V., Kurzaev D.O., Kornev R., Mayorov P.E., Egorov M.I.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

The development and application of immersive learning tools open up new perspectives for the development of educational systems, addressing questions of their effectiveness. The aim of this article is to describe one of the methods for evaluating immersive learning tools in terms of economic, didactic efficiency, and the «immersiveness» of content and the learning environment created. An attempt has been made to systematize and generalize metrics and evaluation methods of immersive learning tools using the example of the simulator «Breakthrough of a Shell Under a Crystallizer in a Continuous Casting Machine», developed based on virtual reality technology. Assessing the efficiency of the suggested approach involves three main aspects: economic evaluation (cost analysis), educational evaluation (assessment concerning educational achievements), and immersive evaluation (evaluation of how well the environment is replicated and the level of immersion achieved). Factors that impact the learning process and the immersive nature of content and learning environments are categorized into visualization (including content realism and animations), sound (comprising sound effects and dialogues), and considerations related to health and convenience, training (scenario, control subsystem, modes). This article will be useful not only to developers of immersive learning tools – simulators and simulators, but also to enterprises interested in implementing such learning tools.

Keywords: virtual reality, immersivable, VR simulator, digitalization, learning efficiency

Введение

Внедрение иммерсивных средств обучения в образовательный процесс актуализирует вопрос об оценке их эффективности. Различными авторами приводятся различные эффекты от их применения:

1) иммерсивные средства обучения могут улучшить усвоение материала благодаря более глубокому погружению в обучающую ситуацию, повышению уровня концентрации и внимания со стороны обучаемых [1];

2) использование иммерсивных средств может помочь улучшить запоминание информации. Из-за более яркого и запоминающегося опыта, полученного в виртуальной реальности (virtual reality, VR) или допол-

ненной реальности (augmented reality, AR), обучаемые могут легче запоминать и вспоминать информацию [2];

3) такие средства могут помочь снизить затраты на обучение. Например, вместо того, чтобы тренировать работников на реальном оборудовании, можно использовать VR-модели, что позволит снизить затраты на материалы и технику;

4) такие средства обучения позволяют воспроизвести опасные и нежелательные на производстве ситуации, «натурное» воспроизведение которых невозможно в целях обучения (например, производственные аварии) [3];

5) использование иммерсивных средств обучения может помочь улучшить безопас-

ность в рабочих условиях. Например, тренировка на опасных ситуациях в VR может помочь снизить риск травм и несчастных случаев на рабочем месте.

Отсутствие специализированной методики оценки эффективности внедрения иммерсивных средств обучения приводит к той самой неопределенности технико-экономического обоснования внедрения таких решений в целях подготовки персонала на промышленных предприятиях. Необходима методика оценки эффективности данного нововведения – конечная, измеримая единица, которая даст понимание выгоды и привлекательности с точки зрения экономики и обучения.

Целью исследования является разработка методики оценки современных средств обучения с точки зрения экономической, дидактической эффективности и «иммерсивности» контента.

Материалы и методы исследования

Ведущими методами исследования являются систематизация метрик и способов оценки иммерсивных средств обучения, представленных в научной литературе, и обобщение собственного опыта.

А.И. Азазевич рассматривает иммерсивные технологии как средство, прежде всего, визуализации сложных процессов, связывает их применение с реализацией деятельностного, контекстного и информационного подходов в обучении, определяя их вклад в эффективность обучения новыми возможностями реализации опыта познания через активизацию органов чувств человека [4]. Однако при проработке вопроса «иммерсивности» остаются нераскрытыми факторы и их влияние непосредственно на само обучение. И.В. Симонов раскрывает практику использования иммерсивных технологий в условиях промышленных предприятий [5], актуализируя вопрос оценки эффективности переноса полученного опыта из виртуальной среды в реальную, что особенно важно для обучения, связанного с безопасностью и охраной труда. При обсуждении принципа корпоративного обучения интересен вопрос и экономической эффективности.

По мнению авторов, удачная попытка способов оценки эффективности иммерсивных средств обучения на примере представлена в работе М.Д. Гаммера, С.Л. Голофаста [6]. Базой исследования являлись около 80 различных организаций, использующих тренажеры на основе технологии виртуальной реальности. Всего респондентов – примерно 4,5 тысячи человек, проходивших обучение на тренажерах в объеме 2000 ча-

сов. Сам способ впервые был представлен в 2013 году, некоторые моменты сегодня требуют уточнения и корректировки в зависимости от назначения тренажера. Раскроем содержание данной методики [6], представив ее в авторской интерпретации, дополнив и доработав на примере VR-тренажера «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором МНЛЗ», проектные решения по которому представлены авторами в отдельной статье [7].

Результаты исследования и их обсуждение

VR-тренажер «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором МНЛЗ» был разработан специально для отработки действий персонала промышленного предприятия по ликвидации аварии. Тренажер содержит 18 учебных заданий, отражающих правильную последовательность действий.

Разработка и внедрение иммерсивного средства обучения, связанного с раскрытием действия как при аварийных ситуациях, так и в целом при чрезвычайных происшествиях, преследуют следующие цели: с точки зрения экономики – сократить временные и финансовые затраты при локализации и ликвидации чрезвычайных происшествий; с точки зрения дидактики – способствовать более качественному усвоению результатов обучения, что может проявиться в уменьшении количества ошибок в реальности. Последнее может быть обеспечено, например, тем, что действия будут отработаны в искусственно созданной виртуальной среде, максимально полно повторяющей среду и условия конкретного предприятия.

Количественная эффективность иммерсивного средства обучения определяется по трем компонентам: *EcomomEffect* – экономическая эффективность относительно затрат на обучение; *EducateEffect* – дидактическая эффективность относительно результатов обучения; *ImmersiveEffect* – иммерсивность компьютерной реализации.

Рассмотрим вычисление компонентов данной модели.

Экономическая эффективность может быть рассчитана по-разному.

Рассмотрим первый вариант, описанный в [6]:

$$EcomomEffect = \frac{A + B \times t_1}{C + D \times t_2}, \quad (1)$$

где A – затраты на закупку иммерсивного средства обучения и оборудования для него;
 B – постоянные (амортизация) и переменные (электроэнергия, часть заработной

платы администратора и др.) затраты в процессе эксплуатации иммерсивного средства обучения и оборудования для него;

C – затраты на закупку/аренду реального оборудования для оснащения площадок обучения;

D – постоянные (амортизация) и переменные (расходные материалы и др.) затраты в процессе эксплуатации реального оборудования;

t_1 – время, необходимое для подготовки и непосредственной реализации образовательного процесса с иммерсивным средством обучения;

t_2 – время, необходимое для подготовки и непосредственной реализации образовательного процесса с реальным оборудованием [6].

Данный вариант оценки оправдан, если необходимое оборудование действительно возможно закупить и оснастить площадку обучения или же выделить время в производственном цикле предприятия, чтобы провести необходимое обучение. Если же речь идет о сложном оборудовании, закупка которого невозможна или заведомо нецелесообразна, а доступ строго ограничен или изучаемый процесс нежелателен и опасен к воспроизведению в реальности, предлагаем несколько другой способ.

Второй способ как раз может быть использован для иммерсивных средств обучения, связанных с воспроизведением аварийных ситуаций. В знаменателе в формуле выше можно учесть статистическую разницу в затратах при правильных или неправильных действиях персонала либо потери при возникновении такой ситуации в целом.

В данной статье не будем приводить расчет по данному компоненту, но отметим, что экономическая эффективность не может свидетельствовать о практическом эффекте в части основного назначения VR-тренажера – обучения.

Дидактическая эффективность – уровеньная оценка результатов обучения, полученных на иммерсивном средстве обучения.

Данная эффективность может быть рассчитана по формуле:

$$\text{Educate Effect} = \frac{\text{SkillLevel}T - \text{SkillLevel}0}{\text{SkillLevel}R - \text{SkillLevel}0} \quad (2)$$

где $\text{SkillLevel}0$ – исходный уровень результатов обучения обучаемого;

$\text{SkillLevel}T$ – достигнутые результаты обучения обучаемого после прохождения обучения с использованием иммерсивного средства обучения;

$\text{SkillLevel}R$ – достигнутый уровень результатов обучения после обучения в тра-

диционном режиме без иммерсивного средства обучения.

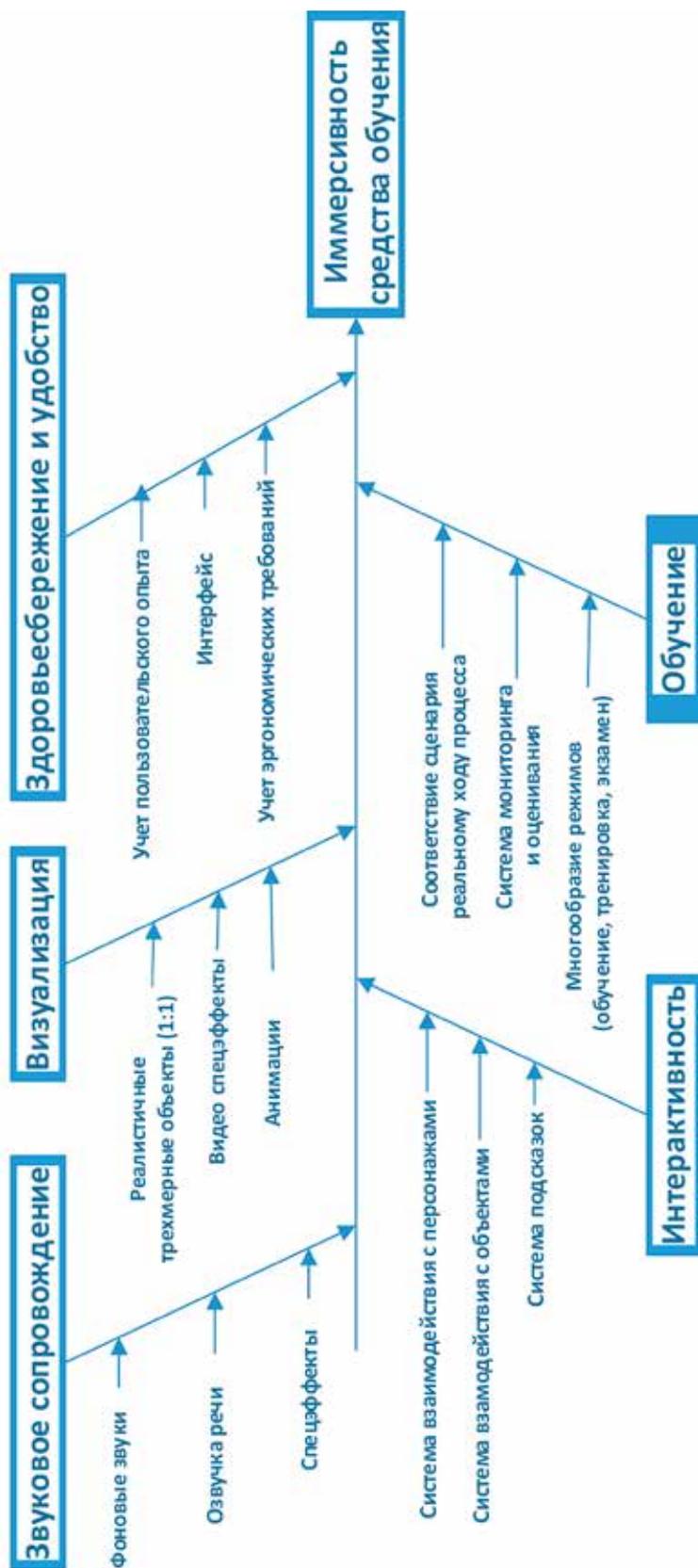
Данный компонент может получить свое развитие в сторону содержательного отличия получения результатов обучения с использованием иммерсивных средств обучения.

Данный расчет эффекта отличается учетом комплекса преимуществ иммерсивного средства обучения именно как «технического средства обучения» [6]: возможности повторов проигрывания сценариев; отслеживание прогресса и системы контроля действий; адаптация заданий под обучающегося (например, режимы подсказок и дополнительной информации); воспроизведение опасных условий, дорогого оборудования или сложных процессов; повышение мотивации к обучению за счет интерактивности.

Дидактическая эффективность – это, по сути, способ оценки, основанный на учете усвоенных действий, правил поведения, манипуляций с объектами, то есть деятельностного компонента в результатах обучения, заключающийся в категориях умений и навыков. В этом состоит несомненное отличие именно подготовки с использованием иммерсивных средств обучения, когда формирование результатов обучения в целом происходит на основе отработки действий, часто – повторной. С целью повышения достоверности дидактической оценки эффективности обучения можно ввести метрики, основанные на временных, скоростных, точностных и информационных характеристиках: это могут быть время обучения, скорость принятия решений или освоения трудовых функций, динамика снижения ошибочных действий до и после обучения, объем усвоенного материала к времени обучения.

Существуют другие факторы, относящиеся к личности обучаемого (интуиция, креативность, критическое мышление и др.), но это скорее тема отдельного исследования в отношении пребывания обучающегося в иммерсивной среде тренажера и того, как он выполняет задания, исходя из личностных качеств.

Отметим недостатки при оценке по данному компоненту. Один из недостатков отметили М.Д. Гаммер, С.Л. Голофаст [6], он заключается в том, что педагогические категории оценки результатов обучения сложно соотносить с экономическими категориями. С данным утверждением можно согласиться отчасти, так как, например, для 18 выделенных действий из рассматриваемого тренажера можно практически для всех оценить экономическую стоимость – цену ошибку, понимая последствия неправильно принятого решения.



Факторы, влияющие на иммерсивность средств обучения

Второй недостаток носит более серьезный характер – данный компонент не позволяет оценить соответствие воссозданной иммерсивной среды реальным условиям, а следовательно, «не дает судить о потенциале переноса результатов обучения в реальную практику» [7].

Данный компонент нуждается в проработке на стыке как педагогики и экономики, так и педагогики и технологий реализации иммерсивных средств обучения.

Воспользовавшись формулой, произведем расчет на основании результатов обученных 12 человек в традиционном режиме и с использованием тренажера (учитывался средний балл по группе в 100-балльной системе).

$$EducateEffect = \frac{98 - 63}{84 - 63} = 1,6$$

Следовательно, отмечается прирост знания, умений и навыков при использовании тренажера по сравнению с традиционным изучением правил ликвидации аварии.

Последний компонент модели – оценка иммерсивности или передачи ощущения погружения и присутствия в виртуальной среде как в реальной. Фокус оценки здесь смещается на то, насколько воспроизведение реального оборудования и процесса, следовательно, учитываются факторы, характеризующие именно иммерсивность: соответствие окружения, выполненного в рамках различных технологий компьютерной графики и трехмерного моделирования, реальному окружению; соответствие звукового сопровождения оригиналу; соответствие игровых механик способам манипуляции с промышленными объектами; гомоморфизм и изоморфизм математических и компьютерных моделей и др. На рисунке авторами представлены выделенные факторы, которые по-разному влияют на иммерсивность средства обучения: реализация одних может ее снижать, других, напротив – повышать.

Расчет компонента осуществляется по выделенным в диаграмме факторам по следующей формуле:

$$ImmersiveEffect = w_1 \times Math + w_2 \times Graphic + w_3 \times Control + w_4 \times Sound \quad (3)$$

где Math – агрегированный показатель проработки сценария в плане адекватности воспроизведения процессов, событий и ситуаций, в том числе с использованием математических и вероятностных моделей;

Graphic – агрегированный показатель уровня проработки факторов, связанных с визуализацией, в том числе анимации;

Control – агрегированный показатель уровня проработки факторов интерактивности и подсистем обучения, а также здоровьесбережения и удобства;

Sound – агрегированный показатель уровня проработки звукового сопровождения;

w_i – соответствующие «веса» показателей.

Оценка эффективности по данному компоненту осуществляется на основе экспертной оценки. Она учитывает финансовые затраты при заданных уровнях адекватности, но имеет не прямое отношение к эффективности. Согласимся с авторами статьи [6], что не во всех случаях наиболее точное воспроизведение реального оборудования в имитаторе обеспечивает высшее качество обучения.

Современные исследования направлены на углубление оценки иммерсивности посредством использования нейроинтерфейсов, трекеров глаз, гальванометров и прочих датчиков, дающих обратную связь по самочувствию и восприятию [8]. Вопросы поиска нужного уровня иммерсивности актуальны для понимания воздействия среды на психологию человека и его психосоматическое состояние. Пользовательский опыт может быть как полезен в плане формирования умений в приближенной к реальности среде, так и опасен в силу привыкания и возможности многократного прохождения сценария для отработки действий, неправильное выполнение которых, например, влечет вред здоровью. Иными словами, воспроизведенная симуляция опасности и отсутствие значимых последствий для обучаемого могут способствовать снижению самоконтроля личности в реальности. Здесь нужны дополнительные исследования. Однако интересно и другое направление изучения иммерсивных средств обучения по данному компоненту, а именно в отношении оценки профессиональной пригодности обучающегося, что может также являться объектом внимания со стороны психолого-педагогических исследований.

Произведем расчет по данному компоненту на основе данных проведенного анкетирования после прохождения тренажера группой из 12 человек (использованы полученные средние значения баллов по 100-балльной шкале, отметим, что компонент Math для рассматриваемого тренажера не имеет значения):

$$ImmersiveEffect = 0,4 \times 98 + 0,3 \times 92 + 0,3 \times 76 = 89,6$$

Полученное значение иммерсивности (89,6 из 100) свидетельствует о хорошей проработанности мультимедийного кон-

тента, однако несколько отстает показатель управляемости, что частично можно объяснить отсутствием опыта эксплуатации подобных систем у обучающегося.

По всем трем рассчитанным компонентам эффективности отмечается положительный эффект, что свидетельствует об общей проработанности разработанного решения.

Заключение

Иммерсивные средства обучения, безусловно, влияют на качество обучения. Погружение в цифровую модель реального процесса сказывается на восприятии и осознании материала обучения, однако степень проработки дидактического аспекта и иммерсивности может быть различной, не говоря уже об экономическом эффекте. Считаем, что предложенная методика может быть использована для расчета эффектов, а полученные по ней результаты дадут разработчикам информацию, полезную к учету для дальнейшей практической деятельности по созданию иммерсивных средств обучения.

Список литературы

1. Фивейский В.Ю. Иммерсивные технологии в корпоративном обучении: опыт университета правительства Мо-

сквы // *Авиация и космонавтика*. Московский авиационный институт (НИУ). М., 2022. С. 593-595.

2. Журихин С.А. VR-технологии в обучении и развитии персонала // *Вестник Университета Правительства Москвы*. 2022. № 2. С. 46-51.

3. Зайнуллина М.Р., Морозов Я.А. Использование виртуальной, дополненной и смешанной реальности в образовании // *Научные труды Центра перспективных экономических исследований*. 2020. № 19. С. 62-67.

4. Азевич А.И. Иммерсивные технологии как средство визуализации учебной информации // *Вестник Московского городского педагогического университета*. Серия: «Информатика и информатизация образования». 2020. № 2 (52). С. 35-43.

5. Симонов И.В. Иммерсивные технологии – инструмент снижения вероятности возникновения несчастных случаев в строительстве и промышленности // *Здания высоких технологий*. 2020. № 3. С. 22-25.

6. Гаммер М.Д., Голофаст С.Л. К вопросу оценки эффективности компьютерных имитационных тренажеров // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 2013. № 2. С. 119-125.

7. Курзаева Л.В., Корнев Р., Спиридонов А.К., Егоров М.И., Макеев А.А. К вопросу о разработке иммерсивных средств обучения для системы профессионального образования // *Мир науки. Педагогика и психология*. 2023. Т. 11. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/10PDMN423.pdf> (дата обращения: 28.05.2024).

8. Курзаева Л.В. К вопросу о формировании системы оценки результатов обучения личности в рамках формального, неформального и внеформального обучения // *Электротехнические системы и комплексы*. 2015. № 2 (27). С. 57-61.