

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ BIG DATA И VR-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ

Мамонова В.Н., Минкевич П.С., Скудняков Ю.А.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Беларусь, kolinatoko@gmail.com, baton4ik3457@gmail.com, skudnyakov@bsuir.by

Abstract. A conceptual model of an adaptive military training system utilizing Big Data, AI, and VR simulators is proposed.

It collects trainee telemetry, builds a dynamic digital competency profile, and personalizes subsequent learning scenarios. Quantitative metrics (time, errors, adaptability, and team-

В настоящее время будущие специалисты, обучающиеся в рамках современного образовательного процесса, сталкиваются с проблемой актуальности методов и средств подготовки, которая непосредственно влияет на скорость онбординга и производственные показатели.

В профессиональной подготовке и успешной адаптации в коллективе обучающихся (курсантов, студентов), получающих военное образование в Республике Беларусь, ключевую роль играет цифровизация. Она предполагает комплексное внедрение современных информационных технологий, направленных на повышение эффективности обучения, объективизацию оценки результатов и персонализацию образовательных траекторий.

Одним из перспективных направлений такой цифровой трансформации является применение систем искусственного интеллекта (СИИ) [1] и аналитики Big Data, позволяющих обрабатывать значительные объёмы информации об образовательной деятельности обучающихся.

Дополнительные возможности для практико-ориентированной подготовки предоставляют виртуальные тренажёры (VR), которые позволяют моделировать профессиональные ситуации для отработки тактических и технических действий в безопасной, но реалистичной среде. СИИ анализирует действия каждого курсанта, выявляет слабые места и подстраивает сценарии занятий, а виртуальные тренажёры позволяют многократно отрабатывать боевые и управленческие задачи без риска и затрат ресурсов.

Ожидаемым результатом применения такой виртуальной образовательной среды является повышение эффективности освоения профессиональных навыков и командного взаимодействия, что требует экспериментальной проверки [2].

Реализация адаптивной системы профессиональной подготовки на базе виртуальных тренажёров требует создания замкнутого цикла обработки данных.

Методологическая основа предлагаемой системы базируется на трех ключевых компонентах:

1. Модуль сбора телеметрии VR-тренажера. Он фиксирует не только финальный результат выполнения тактической задачи, но и каждое микродействие обучающегося (скорость принятия решений, последовательность команд, точность прицелива-

work) are suggested to assess training effectiveness. An experimental design comparing standard and adaptive approaches is outlined. Key implementation challenges include data quality, security, teacher involvement, and skill transfer to reality.

ния, время реакции на изменение боевой обстановки).

2. Аналитический движок на основе Big Data. Полученные большие массивы данных обрабатываются моделями машинного обучения. Алгоритмы выявляют допущенные ошибки и их системные паттерны – склонность к потере контроля над техникой в условиях задымления или замедления реакции на внезапную угрозу с фланга.

3. Решающий модуль адаптации. СИИ, учитывая цифровой профиль обучающегося, в режиме реального времени меняет параметры симуляции: повышает или понижает сложность, добавляет отвлекающие факторы, либо инициирует повтор конкретного эпизода до достижения нормативного показателя.

В отличие от традиционной системы, в которой оценивание является конечным этапом занятия, предлагаемая модель рассматривает оценивание как непрерывный элемент образовательного процесса.

Принцип работы адаптивной системы представлен на рисунке 1.

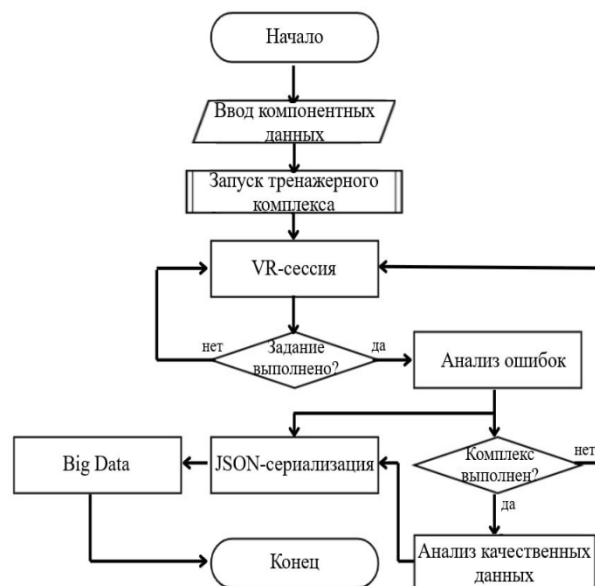


Рисунок 1 – Блок-схема адаптивной системы профессиональной подготовки обучающихся

Особенность предлагаемого подхода заключается в том, что аналитика осуществляется не только на уровне отдельной тренировочной сессии.

При накоплении данных о множестве обучаемых, тренировочных циклов и сценариев формируется многомерный массив временных данных, позволяющий выявлять устойчивые закономерности как на индивидуальном, так и на групповом уровне [3].

На основе анализа Big Data система формирует «карту компетенций» каждого обучающегося как будущего военнослужащего.

Фундаментальной частью предлагаемой адаптивной системы является формирование динамического цифрового профиля обучающегося.

В отличие от традиционной ведомости успеваемости, содержащей преимущественно итоговые оценки по отдельным дисциплинам, цифровой профиль представляет собой многомерную совокупность показателей, характеризующих не только результат выполнения учебного задания, но и процесс его достижения.

Такой подход позволяет учитывать индивидуальную динамику формирования профессиональных компетенций и выявлять устойчивые поведенческие закономерности.

Формирование цифрового профиля осуществляется на основе данных, поступающих из VR-тренажера в процессе выполнения учебных сценариев. К ним могут относиться время реакции на изменение обстановки, продолжительность принятия решения, последовательность совершаемых действий, количество и характер ошибок, точность выполнения операций, соблюдение установленного алгоритма действий, способность работать в условиях дефицита времени и информации, а также устойчивость полученного результата при изменении параметров учебной ситуации.

Цифровой профиль целесообразно формировать по нескольким группам показателей: когнитивным, операционным, ситуационным и командным. К когнитивным показателям относятся скорость анализа ситуации и принятия решения; к операционным – точность и последовательность выполнения действий; к ситуационным – способность адаптироваться к изменению условий; к командным – качество взаимодействия с другими участниками учебного сценария.

Важной особенностью цифрового профиля должна стать его динамичность. Он не должен фиксировать обучаемого в качестве условно «сильного» или «слабого» специалиста, а должен отражать изменение его компетенций во времени.

Например, при увеличении количества успешно выполненных сценариев, система может зафиксировать устойчивый рост показателя тактической координации, одновременно выявив сохранение трудностей при работе в условиях ограниченной видимости.

На основании выявленных дефицитов система формирует индивидуальную траекторию последующего обучения. Если аналитика показывает высокую успеваемость по огневой подготовке, но системные затруднения в тактической координации с подразделением, алгоритм может сократить долю

сценариев, направленных на дальнейшее закрепление уже сформированного навыка, и увеличить количество командных заданий в VR-среде.

Для обучаемых, испытывающих трудности при работе в условиях ограниченной видимости, может быть сформирована последовательность сценариев с постепенным усложнением условий наблюдения и ориентирования.

При этом изменение параметров тренировки осуществляется не произвольно, а на основании ранее накопленной телеметрии и динамики индивидуальных показателей.

Такой подход позволяет перераспределять учебное время в пользу тех компетенций, которые требуют дополнительной отработки, не исключая при этом обязательного освоения базовых элементов образовательной программы.

Цифровой профиль тем самым превращается в связующее звено между системой оценки и системой обучения. Он обеспечивает переход от констатации результата к управлению процессом профессионального развития. При этом его ценность заключается не только в фиксации текущего уровня подготовки, но и в возможности использовать накопленные данные для прогнозирования дальнейшей профессиональной траектории. Это дает возможность руководству учебного заведения более точно распределять кадровый потенциал еще на этапе обучения, а также своевременно корректировать образовательные программы, опираясь на объективные метрики цифрового обучения.

Для определения результативности предлагаемой системы необходима совокупность объективных количественных показателей.

Использование только итоговой оценки за выполнение задания не позволяет в полной мере определить эффективность адаптивного обучения, поскольку не отражает скорость формирования навыка, устойчивость полученного результата и способность обучаемого действовать в изменяющихся условиях.

В качестве основных метрик могут использоваться следующие показатели: результативность выполнения задания, время принятия решения, коэффициент ошибок, показатель адаптивности, показатель командного взаимодействия.

Результативность выполнения задания (R) характеризует долю успешно выполненных операций и позволяет определить степень соответствия действий обучаемого установленному алгоритму.

Время принятия решения (T) – показатель, особенно важный для сценариев, предполагающих необходимость оперативной реакции на изменение обстановки. При этом снижение времени не должно рассматриваться как безусловно положительный результат: сокращение времени принятия решения при одновременном росте количества ошибок может свидетельствовать не о повышении профессионализма, а о снижении качества анализа ситуации.

Коэффициент ошибок (E) может рассчитываться как отношение количества допущенных ошибок к общему количеству критически значимых действий.

Для аналитики рационально дополнительно учитывать тип и тяжесть ошибки.

Показатель адаптивности (A) отражает способность обучаемого сохранять требуемый уровень эффективности при изменении параметров учебной среды.

В качестве таких изменений могут рассматриваться дефицит времени, изменение исходных условий, появление дополнительных факторов неопределённости или необходимость одновременного выполнения нескольких задач.

Показатель командного взаимодействия (C) характеризует согласованность действий участника с действиями других членов учебной группы, соблюдение распределения ролей, своевременность передачи информации и отсутствие конфликтующих решений.

На основании перечисленных параметров возможно сформировать интегральный показатель профессиональной готовности (формула (1)):

$$P = w_1R + w_2T + w_3(1-E) + w_4A + w_5C \quad (1)$$

где P – интегральный показатель профессиональной готовности; R – нормированный показатель результативности выполнения задания; T – нормированный показатель времени принятия решения; E – нормированный показатель ошибок; A – показатель адаптивности; C – показатель командного взаимодействия; $w_1, \dots, w_5$ – весовые коэффициенты соответствующих показателей.

Применение такой модели позволяет отказаться от чрезмерно упрощённого подхода «сдал/не сдал» и перейти к многокритериальной оценке профессионального развития. При этом значения весовых коэффициентов должны определяться с учётом специфики конкретной военной специальности и требований образовательной программы.

Особое значение имеет анализ не абсолютного результата, а его динамики.

Если после серии адаптивных тренировок время принятия решения сокращается, количество ошибок уменьшается, а устойчивость результата при усложнении сценария возрастает, можно говорить о положительной динамике формирования соответствующей компетенции.

Таким образом, эффективность системы может оцениваться одновременно на трёх уровнях:

- индивидуальном, групповом и организационном. На индивидуальном уровне анализируется прогресс конкретного обучаемого;
- на групповом – изменение среднего уровня подготовки учебного подразделения;
- на организационном – эффективность использования времени, оборудования и инструкторского ресурса.

Для практической проверки эффективности адаптивной системы целесообразно использовать экспериментальную модель, основанную на сравнении двух групп обучаемых.

Контрольная группа проходит подготовку по стандартной программе с использованием одинакового набора VR-сценариев для всех участников.

Экспериментальная группа обучается с применением адаптивного механизма, который изменяет содержание и сложность последующих занятий в зависимости от результатов предыдущих тренировок.

На начальном этапе обе группы проходят диагностическую тренировку. Её целью является получение исходного цифрового профиля каждого участника.

На основании результатов определяются первоначальные значения показателей результативности, времени принятия решений, количества ошибок, адаптивности и командного взаимодействия.

Далее контрольная группа продолжает обучение по единой последовательности сценариев.

Для экспериментальной группы система Big Data анализирует результаты каждого занятия и формирует рекомендации для следующего тренировочного цикла.

Если у конкретного обучаемого выявляется устойчивый дефицит определённой компетенции, соответствующий сценарий получает повышенный приоритет.

При достижении нормативного уровня интенсивность тренировки по данному направлению может быть снижена, а освободившееся время направляется на развитие других компетенций.

После завершения установленного количества тренировочных циклов обе группы проходят итоговую диагностику. При этом итоговая проверка должна включать как знакомые, так и новые сценарии.

Последнее необходимо для исключения ситуации, при которой обучаемый демонстрирует высокий результат только вследствие многократного повторения одного и того же виртуального задания.

Важнейшим критерием эффективности при таком подходе становится не только повышение результата внутри VR-среды, но и перенос сформированных навыков на новые условия. Если экспериментальная группа демонстрирует более высокую устойчивость при выполнении ранее неизвестных сценариев, это может свидетельствовать о формировании не только алгоритмического навыка, но и способности применять полученные знания в изменяющейся обстановке.

Для количественной оценки результатов может использоваться относительный прирост показателя ΔX (формула (2)):

$$\Delta X = \frac{X_{\text{после}} - X_{\text{до}}}{X_{\text{до}}} \times 100\%, \quad (2)$$

где $X_{\text{до}}$ – значение показателя до начала обучения, $X_{\text{после}}$ – значение после завершения экспериментального цикла.

Для оценки дополнительной эффективности адаптивного обучения предлагается сравнивать относительный прирост показателей в экспериментальной и контрольной группах (формула (3)):

$$\Delta_{\text{эфф}} = \Delta X_{\text{эксп}} - \Delta X_{\text{контр}} \quad (3)$$

где $\Delta X_{\text{эсп}}$ – относительный прирост показателя в экспериментальной группе, обучавшейся с использованием адаптивной системы; $\Delta X_{\text{контр}}$ – относительный прирост соответствующего показателя в контрольной группе, обучавшейся по стандартной программе.

При интерпретации динамики показателя, для которых снижение численного значения соответствует улучшению результата (например, время выполнения и количество ошибок), должны оцениваться с учётом направления их эффективности. Такой подход позволяет оценить именно дополнительную эффективность адаптивной технологии, а не просто естественный прогресс, возникающий в результате тренировок.

Перспективным направлением является также анализ индивидуальной скорости достижения нормативного уровня. Если при сопоставимом исходном уровне подготовки обучаемый экспериментальной группы достигает требуемого показателя за меньшее количество тренировочных циклов, это может рассматриваться как свидетельство повышения эффективности использования учебного времени.

При этом экспериментальная модель должна учитывать важное ограничение: высокий результат в VR-среде не гарантирует автоматического переноса навыка в реальную профессиональную деятельность.

Несмотря на значительный потенциал Big Data и VR-технологий, их интеграция в систему военного образования сопряжена с рядом организационных, технологических и методических проблем.

Одной из основных проблем является качество исходных данных.

Ошибки датчиков, неполная фиксация действий, технические сбои оборудования или различия в условиях проведения тренировок могут привести к формированию некорректного цифрового профиля.

В результате алгоритм будет адаптировать программу не к реальным потребностям обучаемого, а к искажённым данным. Поэтому система должна предусматривать процедуры контроля качества, верификации и нормализации поступающей информации.

Другой проблемой является объяснимость решений СИИ. Педагог и инструктор должны иметь возможность определить, почему система изменила сложность сценария, почему конкретная компетенция была выделена в качестве приоритетной и на основании каких данных было принято соответствующее решение.

Отдельного внимания требует проблема чрезмерной персонализации.

Если система будет постоянно концентрироваться исключительно на выявленных недостатках отдельного обучаемого, существует вероятность недостаточного развития его уже сформированных компетенций.

Кроме того, будущий военнослужащий должен быть способен действовать не только в привычных для него условиях, но и в широком диапазоне нестандартных ситуаций.

Поэтому адаптивная модель не должна полностью заменять единую образовательную программу.

Оптимальным представляется сочетание базового обязательного компонента, обеспечивающего формирование универсального набора профессиональных компетенций, и адаптивного компонента, предназначенного для индивидуальной коррекции выявленных дефицитов.

Существенной проблемой является обеспечение информационной безопасности.

В процессе обучения может накапливаться значительный массив информации о результатах подготовки, индивидуальных особенностях выполнения заданий и динамике профессиональных компетенций.

Для военной образовательной организации подобные данные могут иметь повышенные требования к защите.

Следовательно, архитектура системы должна предусматривать разграничение прав доступа, защищённое хранение информации, контроль операций с данными и использование обезличенной информации при формировании статистических моделей.

Ещё одним ограничением является высокая стоимость первоначального внедрения.

Создание VR-инфраструктуры требует закупки оборудования, разработки сценариев, интеграции программных компонентов и подготовки специалистов.

Следовательно, внедрение адаптивной системы требует комплексного подхода, при котором технологические решения рассматриваются не изолированно, а как часть организационной и методической трансформации профессиональной подготовки.

В перспективе адаптивная система может стать одним из инструментов цифровой трансформации военного образования Республики Беларусь. Её использование позволит перейти от преимущественно нормативного контроля результатов подготовки к непрерывному мониторингу формирования профессиональных компетенций и своевременной коррекции образовательного процесса.

Литература

1. Петросян, Л. Э. Искусственный интеллект в цифровой образовательной среде: монография / Л. Э. Петросян. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 104 с
2. Проблемы современного образования в техническом вузе : материалы IX Междунар. науч.-метод. конф., Гомель, 23–24 окт. 2025 г. / Министерство образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. Г. В. Петришина. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2026. – 182 с
3. Голикова, Г. В. Адаптивная модель профессионально-должностного обучения персонала на основе цифровой аналитики и иммерсивных технологий / Г.В. Голикова, С. А. Иванов // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2026. – № 7. – С. 60–71.