

СТАТЬИ

УДК 159.9.07:004.04

**МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ  
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ С УЧЕТОМ  
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И СЦЕНАРНЫХ ФАКТОРОВ**

<sup>1</sup>Дадашев Ф.Г., <sup>2</sup>Аллахвердиев А.Р., <sup>1</sup>Гусейнов Н.Э., <sup>2</sup>Дадашева К.Г., <sup>1</sup>Асадов Э.З.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт при Национальной Академии Авиации, Баку;

<sup>2</sup>Институт физиологии имени академика Абдуллы Гараева, Баку, e-mail: ali\_doctor@mail.ru

Современные требования к профессиональной подготовке специалистов в различных сферах деятельности диктуют необходимость внедрения интеллектуальных тренажеров нового поколения, обладающих способностью к адаптации под индивидуальные особенности обучаемого. Это особенно актуально в условиях, где необходим высокий уровень надежности и точности, таких как подготовка к действиям с огнестрельным оружием. Целью настоящего исследования является разработка прогностической модели оценки эффективности обучения, которая учитывает как психофизиологические характеристики обучающегося, так и параметры сценариев, реализуемых в рамках тренажерной подготовки. В качестве материалов и методов исследования были использованы данные, отражающие психофизиологическое состояние участников тренировочного процесса – в частности, показатели работоспособности, уровня стресса, вегетативного баланса и индивидуальной минуты. Дополнительно анализировались особенности выполнения заданий различной степени сложности в условиях виртуального тренажера. На основании предварительного анализа собранных данных были выявлены наиболее значимые факторы, влияющие на успешность освоения учебных сценариев. Для построения прогностической модели была использована технология нечеткой логики, которая позволяет эффективно интегрировать как количественные, так и качественные параметры, включая индивидуальные особенности обучающихся и специфику учебных задач. Модель показала высокую степень точности в оценке потенциальной эффективности обучения за счет комплексного подхода к обработке информации. Разработанная модель может быть эффективно интегрирована в интеллектуальные системы тренажерной подготовки, обеспечивая адаптацию учебного процесса под конкретного пользователя в режиме реального времени. Это способствует значительному повышению качества персонализированной подготовки, особенно в условиях интенсивного освоения практических навыков, связанных с обращением с огнестрельным оружием, где цена ошибки особенно высока.

**Ключевые слова:** интеллектуальный тренажер, психофизиологические показатели, сценарии, огнестрельное оружие, обучение

**MODEL FOR PREDICTING LEARNING EFFECTIVENESS  
IN AN INTELLIGENT TRAINER BASED  
ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL AND SCENARIO FACTORS**

<sup>1</sup>Dadashev F.G., <sup>2</sup>Allakhverdiev A.R., <sup>1</sup>Guseynov N.E., <sup>2</sup>Dadasheva K.G., <sup>1</sup>Asadov E.Z.

<sup>1</sup>National Aviation Academy, Baku;

<sup>2</sup>A.I. Karaev Institute of Physiology, Baku, e-mail: ali\_doctor@mail.ru

Modern professional training requirements across various fields necessitate the implementation of next-generation intelligent trainers capable of adapting to the individual characteristics of learners. This need is especially critical in contexts requiring a high level of reliability and precision, such as training for handling firearms. The aim of this study is to develop a predictive model for assessing learning effectiveness that takes into account both the psychophysiological characteristics of the trainee and the parameters of the training scenarios. The study materials and methods include data reflecting the psychophysiological state of participants in the training process – specifically, indicators of work capacity, stress level, autonomic balance, and individual minute. Additionally, features of task performance of varying difficulty levels within a virtual trainer environment were analyzed. Based on preliminary analysis of the collected data, the most significant factors influencing successful mastery of training scenarios were identified. Fuzzy logic technology was used to construct the predictive model, allowing effective integration of both quantitative and qualitative parameters, including individual learner traits and specifics of training tasks. The model demonstrated a high degree of accuracy in assessing potential learning effectiveness through a comprehensive approach to data processing. The developed model can be effectively integrated into intelligent training systems, providing real-time adaptation of the training process to the individual user. This significantly enhances the quality of personalized training, especially in the intensive acquisition of practical skills related to handling firearms, where the cost of error is particularly high.

**Keywords:** intelligent trainer, psychophysiological indicators, scenarios, firearms, training

**Введение**

Обучение обращению с огнестрельным оружием требует не только отработки технических навыков, но и учета индивидуальных психофизиологических особенностей обучаемого, таких как уровень стресса, внимание, эмоциональная устойчивость и ско-

рость принятия решений в нестабильных условиях [1; 2]. Традиционные методы подготовки, как правило, основаны на стандартизированных программах и не обеспечивают должной гибкости в учете индивидуальных различий, что может снижать общую эффективность обучения.

Одним из перспективных направлений повышения качества подготовки является использование интеллектуальных систем [3, с. 13], способных анализировать широкий спектр входных данных и адаптировать процесс обучения под конкретного пользователя [4; 5]. В рамках данного исследования рассматривается применение экспертно-консультативной системы на основе нечеткой логики [6; 7], которая позволяет обрабатывать как количественные, так и качественные параметры, включая психофизиологические характеристики обучающихся и параметры тренировочных сценариев различной сложности [8].

Работа посвящена разработке модели прогнозирования эффективности обучения в интеллектуальном тренажере для работы с огнестрельным оружием. Такая модель учитывает индивидуальные особенности обучаемого и сценарные факторы, обеспечивая обоснованные рекомендации по адаптации учебного процесса и повышению его результативности [9; 10].

**Цель исследования** – разработать и протестировать модель прогнозирования эффективности обучения в интеллектуальном тренажере с учетом психофизиологических и сценарных факторов с применением экспертно-консультативной системы на базе нечеткой логики.

#### Материалы и методы исследования

Экспертно-консультативная система с применением нечеткой логики является

ядром интеллектуального тренажера. На рис. 1 представлена разработанная авторами структурно-функциональная схема экспертной системы.

В рамках интеллектуальной модели, направленной на адаптацию процесса обучения к индивидуальным особенностям, особое значение приобретает вектор психофизиологических параметров, обозначаемый как  $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ , где каждая компонента отражает ключевые характеристики текущего функционального состояния пользователя:

–  $x_1$  – уровень стресса (С), как интегральный показатель эмоционального напряжения и реактивности нервной системы;

–  $x_2$  – работоспособность (Р), отражающая общий психофизиологический ресурс, включающий в себя показатели внимания, устойчивости к утомлению и когнитивной активности;

–  $x_3$  – вегетативный баланс (ВБ), определяющий соотношение активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и характеризующий уровень внутренней физиологической стабильности;

–  $x_4$  – индивидуальная минута (ИМ) по методу Франца Халберга, представляющая собой субъективно-временной параметр, отражающий индивидуальные различия в ощущении и интерпретации времени, что имеет значение при управлении учебным темпом и когнитивной нагрузкой.

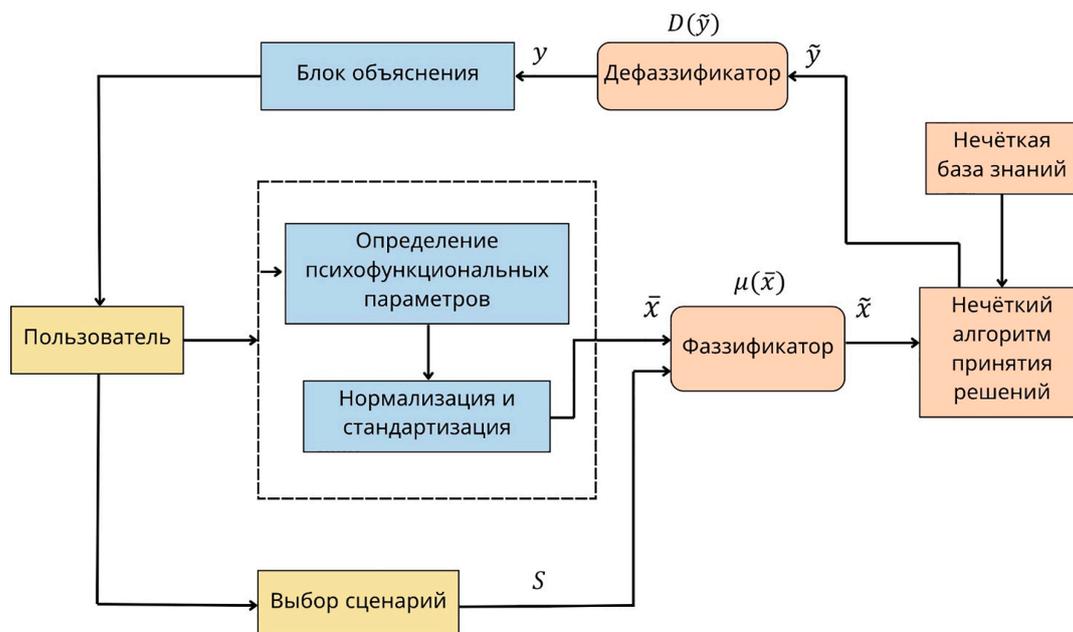


Рис. 1. Структурно-функциональная схема экспертной системы  
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

База нечетких знаний

№	С	Р	ВБ	ИМ	СС	УР
1	низкий	высокая	сбалансирован	нормальная	средняя	высокий
2	средняя	средний	сбалансирован	нормальная	средняя	средний
3	высокая	низкая	дисбаланс	медленная	высокая	низкий
4	высокая	средний	гипербаланс	быстрая	низкая	высокий
5	низкий	средняя	сбалансирован	нормальная	высокая	средний
6	высокая	высокий	гипербаланс	быстрая	высокая	средний
7	низкая	низкий	сбалансирован	нормальная	низкая	средний

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

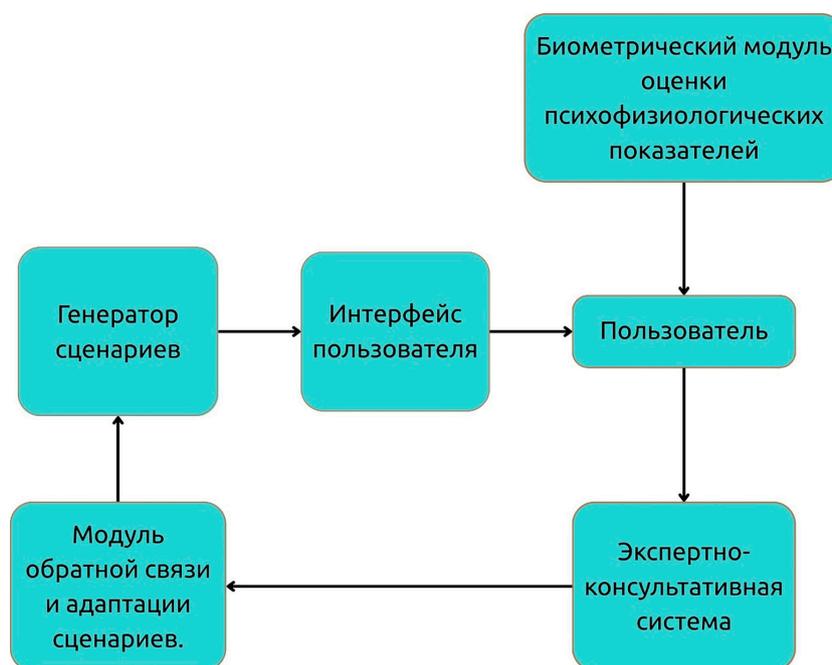


Рис. 2. Основные модули функциональной схемы интеллектуального тренажера  
 Модули функциональной схемы интеллектуального тренажера, составленной авторами в ходе проведенного исследования

Таким образом, вектор X представляет собой обобщенную модель психофизиологического профиля обучаемого на текущий момент и используется как входной набор признаков для дальнейшего анализа и принятия решений в интеллектуальной системе. Указанные параметры определяются с использованием валидизированной психометрической методики – цветового теста Люшера [11], результаты которого проходят этап числовой калибровки и преобразования с применением специализированного алгоритма интерпретации. Это позволяет обеспечить сопоставимость данных между пользователями и их динамическую отслеживаемость в процессе обучения.

Совместно с номинальной величиной уровня сложности сценария (СС) в диапазоне от 1 до 3 данные психофизиологические показатели подаются на вход фазификационного блока интеллектуальной системы. Основной функцией данного блока является преобразование количественных входных параметров в соответствующие лингвистические переменные, формализованные с применением нечетких множеств, что позволяет учитывать как индивидуальные особенности пользователя, так и структурную неопределенность входной информации.

Такой подход обеспечивает возможность гибкого моделирования сложных взаимосвязей между внутренним состоя-

нием обучаемого и внешними условиями обучения, создавая базу для адаптивного управления процессом обучения с учетом когнитивно-психофизиологических характеристик субъекта.

В таблице представлены примеры правил из базы знаний. Общая база содержит 81 нечеткое правило, каждое из которых разработано и утверждено экспертами в данной предметной области на основе их профессионального опыта и анализа практических данных.

Использовался алгоритм Мамдани для вывода результата и дефаззификации с центроидным методом [12; 13. с. 217].

Полученное нечеткое множество по выходу преобразуется в числовое значение – уровень результата (УР) обучения – агрегированная функция принадлежности выходного значения.

Блок объяснения выполняет ключевую функцию интерпретации и обоснования полученных прогнозных решений, формируемых на основе нечеткой логики. Его задача заключается в предоставлении пользователю развернутых пояснений, отражающих причинно-следственные связи между входными психофизиологическими параметрами, условиями сценария и итоговым выводом системы. Благодаря использованию нечетких знаний данный модуль обеспечивает прозрачность логических рассуждений, тем самым повышая доверие к интеллектуальной системе и ее адаптивным рекомендациям.

На рис. 2 показаны основные модули интеллектуального тренажера, разработанного авторами данной статьи, включающие следующие компоненты:

- генератор сценариев с параметрами сложности (уровень задач, временные ограничения, наличие отвлекающих факторов);
- биометрический модуль оценки психофизиологических показателей;
- экспертно-консультативная система на основе нечеткой логики для прогнозирования эффективности обучения;
- модуль обратной связи и адаптации сценариев.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ психофизиологических данных и показателей выполнения заданий выявил ключевые факторы, существенно влияющие на эффективность обучения в интеллектуальной тренажерной системе. Среди психофизиологических показателей наибольшую корреляцию с успешностью выполнения задач продемонстрировали работоспособность и вегетативный баланс. Участники

с более высоким уровнем работоспособности и сбалансированной вегетативной нервной системой показали значительно лучшие результаты при выполнении сложных сценариев, связанных с обращением с огнестрельным оружием.

Уровень стресса выступил важным фактором, модифицирующим результаты обучения. Умеренный стресс способствовал повышению концентрации и вовлеченности, тогда как чрезмерный стресс негативно сказывался на точности и скорости реакции. Эти результаты согласуются с законом Йеркса – Додсона [14; 15], который описывает оптимальный уровень возбуждения для достижения максимальной производительности. Параметр индивидуальной минуты, отражающий базовую физиологическую вариабельность, также позволил получить ценные данные о специфике адаптации обучающихся и их устойчивости к усталости.

Сложность заданий варьировалась в рамках интеллектуального тренажера, и результаты показали, что адаптивная подстройка уровня сложности сценариев значительно улучшает усвоение материала и перенос навыков. При использовании прогностической модели, которая в реальном времени корректировала параметры тренировки на основе психофизиологической обратной связи, обучающиеся демонстрировали более высокую скорость освоения навыков и общую успешность по сравнению с контрольной группой без адаптации.

Применение нечеткой логики для построения модели позволило эффективно интегрировать разнородные данные и учитывать неопределенность и вариабельность физиологических реакций человека. Такой подход обеспечил более точное прогнозирование эффективности обучения по сравнению с традиционными линейными моделями. Валидизация модели с использованием методов кросс-валидации показала точность выше 85%, что подтверждает ее устойчивость и применимость в реальных условиях тренировки.

Учет как физиологических, так и сценарных факторов позволяет реализовать динамическую персонализацию тренировочного процесса. Такая адаптивность особенно важна при подготовке по обращению с огнестрельным оружием, где критически важны точность и умение принимать решения в стрессовых ситуациях. Модель, обеспечивая корректировку интенсивности и сложности упражнений в режиме реального времени, позволяет оптимально распределить когнитивную нагрузку и повысить эффективность усвоения навыков.

В целом проведенное исследование демонстрирует, что интеграция психофизиологического мониторинга и адаптивных алгоритмов на основе сценариев существенно повышает качество и эффективность профессиональной подготовки. В дальнейшем планируется расширить модель за счет включения дополнительных биометрических данных и применить ее в других сферах с высокими требованиями к надежности и оперативности обучения.

### Выводы

1. В настоящем исследовании разработана модель прогнозирования эффективности обучения, основанная на интеграции психофизиологических параметров обучающихся и характеристик тренировочных сценариев. Такая интеграция позволяет реализовать индивидуализированный подход к подготовке, ориентированный на актуальное функциональное состояние каждого пользователя.

2. Использование экспертно-консультативной системы, функционирующей на базе нечеткой логики, обеспечило возможность комплексной обработки как количественных, так и качественных показателей. Это позволило формализовать знания экспертов и сформулировать достоверные прогнозы обучаемости в условиях неполноты и неопределенности исходной информации.

3. Результаты численного моделирования подтвердили высокую степень согласованности между предсказанным уровнем усвоения навыков и фактическими результатами обучаемых, что свидетельствует о высокой валидности и прикладной значимости предложенной модели в контексте тренажерной подготовки.

4. Внедрение разработанной модели в интеллектуальные тренажеры, ориентированные на обучение действиям с огнестрельным оружием, способствует повышению эффективности учебного процесса за счет персонализированной адаптации сценариев, учета индивидуального психофизиологического статуса и точной оценки динамики профессионального роста обучаемого.

### Список литературы

1. Кутыгин Ю.А. Психологический аспект при обучении стрельбе из стрелкового оружия. VIII Международная научная конференция. М., 2016. С. 60–61. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/191/10553/> (дата обращения: 12.07.2025).

2. Мефодьева Ю.А., Беляков С.В. Психологические аспекты при выполнении упражнений учебных стрельб // Образование. Наука. Научные кадры. 2019. № 2. С. 226–228. DOI: 10.24411/2073-3305-2019-10120.

3. Grosan C., Abraham A. Intelligent Systems: A Modern Approach. Springer Berlin Heidelberg. Springer Berlin, Heidelberg, 2011. P. 450. DOI: 10.1007/978-3-642-21004-4.

4. Анарова Ш.А., Бекназарова С.С., Каюмова Г.А. Адаптивные и интеллектуально-обучающие системы: методика создания и внедрения // Perspectives of Higher Education Development. 2024. Т. 16. № 2. С. 111–116. DOI: 10.34920/phe.2024.16.13.

5. Harley J.M., Bouchet F., Hussain M.S., Azevedo R., Calvo R.A. A multi-componential analysis of emotions during complex learning with an intelligent multi-agent system // Computers in Human Behavior. 2015. Vol. 48. P. 615–625. DOI: 10.1016/j.chb.2015.02.013.

6. Hwang G., Sung H., Chang S. A fuzzy expert system-based adaptive learning approach to improving students' learning performances by considering affective and cognitive factors // Computers and Education: Artificial Intelligence. 2020. Vol. 1. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.caeai.2020.100003.

7. Еремеев А.П., Сергеев М.Д., Петров В.С. Интеграция методов обучения с подкреплением и нечеткой логики для интеллектуальных систем реального времени // Программные продукты и системы. 2023. Т. 36. № 4. С. 600–606. DOI: 10.15827/0236-235X.144.600-606.

8. Sahar Y., Wagner M., Barel A., Shoval S. Stress-Adaptive Training: An Adaptive Psychomotor Training According to Stress Measured by Grip Force // Sensors. 2022. Vol. 22. P. 1–13. DOI: 10.3390/s22218368.

9. Аллаhverдиев А.Р., Гусейнов Н.Э., Дадашева К.Г., Дадашев Ф.Г., Асадов Э.З. Психофизиологические основы оптимизации процесса обучения в интеллектуальном тренажере // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2024. № 6. С. 5–9. DOI: 10.17513/mjrfi.13636.

10. Huseynov N.E., Dadashov F.H., Asadov E.Z., Hasanov H.B. Using multi-agent technologies to generate dynamic scenarios in an intelligent simulator. Технологии Искусственного Интеллекта и Аэрокосмические Проблемы. II Международная научно-практическая конференция. Баку, 2024. С. 17–24. [Электронный ресурс]. URL: <https://icaiap.com/en/archive> (дата обращения: 12.07.2025).

11. Сугоняев К.В. Можно ли оценивать черты личности с помощью цветового теста Люшера? // Психология. Психофизиология. 2019. Т. 12. № 2. С. 41–59. DOI: 10.14529/jpps190204.

12. Силич В.А., Силич М.П., Аксенов С.В. Алгоритм построения нечеткой системы логического вывода Мамдани, основанный на анализе плотности обучающих примеров // Доклады ТУСУР. 2013. № 3 (29). С. 76–82. URL: <https://journal.tusur.ru/ru/arhiv/3-2013/algoritim-postroeniya-netchetkoy-sistemy-logicheskogo-vyvoda-mamdani-osnovannyy-na-analize-plotnosti-obuchayuschih-primеров> (дата обращения: 08.07.2025).

13. Броневиц А.Г., Лепский А.Е. Нечеткие модели анализа данных и принятия. М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2022. С. 264. DOI: 10.17323/978-5-7598-2317-9.

14. Anderson G.S., Di Nota P.M., Metz G.A.S., Andersen J.P. The Impact of Acute Stress Physiology on Skilled Motor Performance: Implications for Policing // Frontiers Psychology. 2019. Vol. 10. P. 1–11. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.02501.

15. Hancock P.A., Ganey N.H.C. From the Inverted-U to the Extended-U: The Evolution of a Law of Psychology. Journal of Human Performance in Extreme Environments. 2003. Vol. 7, Is. 1. P. 5–14. DOI: 10.7771/2327-2937.1023.