

## СТАТЬЯ

УДК 57:612.821:004.42

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ  
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ**<sup>1</sup>Аллахвердиев А.Р., <sup>2</sup>Гусейнов Н.Э., <sup>3</sup>Дадашева К.Г., <sup>2</sup>Дадашев Ф.Г., <sup>2</sup>Асадов Э.З.<sup>1</sup>*Институт физиологии имени А.И. Караева, Баку, e-mail: ali\_doctor@mail.ru;*<sup>2</sup>*Национальная академия авиации Азербайджана, Баку, e-mail: dfh54@rambler.ru;*<sup>3</sup>*Институт физиологии им. акад. Абдуллы Гараева, Баку*

Данная статья посвящена повышению эффективности процесса обучения в интеллектуальном тренажере с использованием психофизиологического статуса пользователя как в начале, так и в процессе обучения. При проектировании интеллектуальных тренажеров помимо общего принципа самоорганизации надо учесть существующие частные принципы, связанные с целевой функцией. В данном исследовании представлен спроектированный авторами в качестве интеллектуального тренажера симулятор для обучения стрельбы из огнестрельного оружия. Одним из путей повышения эффективности обучения является использование различных типов индивидуальных психофизиологических качеств обучающегося на всех этапах. С этой целью в интеллектуальный тренажер включена экспертная консультативная система, основанная на комплексе психофизиологических качеств пользователя. Для учета индивидуальности с целью максимального использования функциональных резервов использована ресурсная концепция И.Н. Плотникова – иерархическое представление причинности деятельности человека-оператора. Для обеспечения оптимальности процесса обучения на интеллектуальном тренажере функциональные ресурсы на начальном этапе определяются шестью интегральными количественными показателями, вычисляемыми на основе теста Люшера, на переходных этапах в процессе многоэтапного обучения, такие динамические характеристики, как пространственно-временные и сенсомоторные показатели, а во время выполнения текущих задач разные электрофизиологические данные – ЭКГ, КГР и др.

**Ключевые слова:** интеллектуальный тренажер, психофизиологическое состояние, процесс обучения, обучение с подкреплением, генерация сценария

**PSYCHOPHYSIOLOGICAL BASES OF OPTIMISATION  
OF LEARNING PROCESS IN INTELLECTUAL SIMULATOR**<sup>1</sup>Allakhverdiev A.R., <sup>2</sup>Guseynov N.E., <sup>3</sup>Dadasheva K.G., <sup>2</sup>Dadashev F.G., <sup>2</sup>Asadov E.Z.<sup>1</sup>*Institute of Physiology named after A.I. Karaev, Baku, e-mail: ali\_doctor@mail.ru;*<sup>2</sup>*National Aviation Academy of Azerbaijan, Baku, e-mail: dfh54@rambler.ru;*<sup>3</sup>*Institute of Physiology named after. acad. Abdully Garayev, Baku*

This article is devoted to increasing the effectiveness of the learning process in an intelligent simulator using the psychophysiological status of the user in both the initial and the learning process. When designing intelligent simulators in addition to the general principle of self-organization, it is necessary to take into account the existing private principles related to the target function. This study presents a simulator designed by us as an intelligent simulator for firearms training. One of the ways to improve the effectiveness of training is to use different types of individual psychophysiological qualities of the trainee in all stages. To this end, the intelligent simulator includes an expert advisory system based on a set of psychological and psychophysiological qualities of the user. To take into account individuality in order to maximize the use of functional reserves used resource concept of I.N. Plotnikov – hierarchical representation of the causality of human operator activity. To ensure the optimality of the training process in the intellectual simulator, functional resources at the initial stage are determined by 6 integral quantitative indicators calculated on the basis of the Lusher test, in the transitional stages of the process of multistage training, such dynamic characteristics as spatial-temporal and sensorimotor indicators, and during the performance of current tasks different electrophysiological data – ECG, CGR and others.

**Keywords:** intelligent simulator, psychophysiological state, learning process, reinforcement learning, scenario generation

**Введение**

В данной работе представлен подход к оптимизации процесса обучения огнестрельным оружием с активным использованием психофизиологическими характеристиками обучающегося. Для обеспечения данной функции при проектировании интеллектуального тренажера [1–3] был включен функциональный блок, обеспечивающей поэтапную оптимизацию процесса обучения с включени-

ем, где учитываются как психологические состояния, так и психофизиологические процессы, проявляющиеся в различных этапах обучения. Для максимального использования адаптивной возможности пользователя, при решении усложненных сценариев, генерируемый интеллектуальной мультиагентной технологией [4], основываясь на концепции обучения с подкреплением авторами, использован подход, опирающийся по концеп-

ции теории ресурсов И.Н. Плотникова [5]. Данная система дает возможность не только для обеспечения адаптивности представленной перед системой, но и является платформой для выявления различных типов общих закономерностей при оптимизации процессов обучения с проявлением индивидуальных ресурсов. Синергетический подход [6] позволяет повышать эффективность процесса обучения с использованием психофизиологических характеристик обучаемого пользователя, с максимальным приближением к глобальной цели задачи, в рамках данной системы.

**Целью исследования** является оптимизация процесса обучения в интеллектуальном тренажере с использованием синергетических принципов, позволяющих выявление психо-физиологических ресурсов обучаемого. Для реализации данного подхода необходимо спроектировать интерактивную систему, где поэтапно оцениваются психофункциональные ресурсы пользователя.

#### Материалы и методы исследования

Разработанный интеллектуальный тренажер – самоорганизующаяся система, включающая в себя несколько основных компонентов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении эффективного процесса обучения и развития когнитивных навыков у пользователей.

На рис. 1 представлена структурно-функциональная схема интеллектуального трена-

жера «Vedge-7», для оптимизации процесса обучения владению огнестрельным оружием (РПГ-7).

Рассмотрим подробнее каждый из этих компонентов.

Пользователь – лицо, которое непосредственно взаимодействует с виртуальной внешней средой, генерируемой «генератором сценария», и поэтапно осваивает процесс обучения. Через априорно заданный период пользователь получает консультации от блока принятия решений экспертной системы [7, 8] на основе анализа протокола обучения в конкретном этапе.

Интеллектуальность генератора проявляется в алгоритмах принятия решения в условиях неопределенностей, опирающихся на результаты деятельности пользователя на предыдущем этапе и комплексе текущих психофизиологических данных. Основные характеристики функционального блока принятия решения интеллектуального тренажера включают в себя:

- Непрерывное взаимодействие: Пользователь взаимодействует с тренажером на протяжении всего процесса обучения, участвуя в заданиях, тестированиях и других активностях.

- Слежение процессом обучения происходит многоканальной обратной связью. Через графический интерфейс тренажера пользователь получает информации о результатах выполнения задач текущего уровня от генерируемой системы.

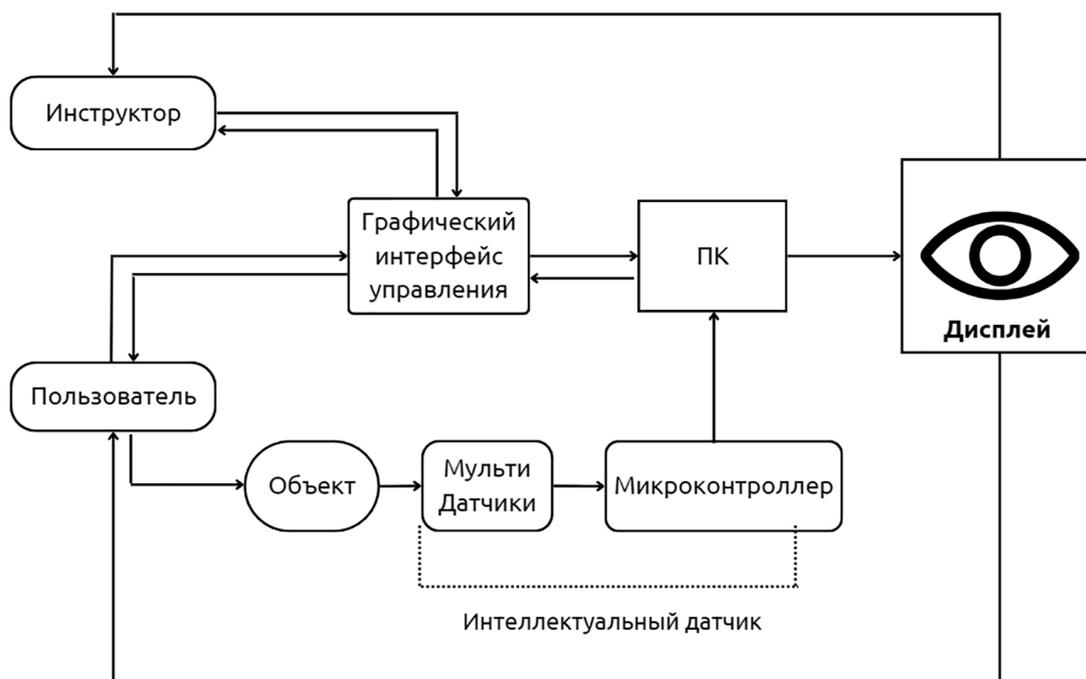


Рис. 1. Структурно-функциональная схема интеллектуального тренажера «Vedge-7»

Инструктор – лицо, который имеет ряд возможностей влиять на процесс обучения со своей экспертной знаний на основе полученных из следующих источников:

- визуальное слежение процессом обучения;
- результатов психологических и психофизиологических тестов из графического интерфейса;
- управления;
- от экспертной рекомендаций на основе интеллектуальной подсистемой, выводимой вычислительным блоком.

Ядром интеллектуального тренажера является центральная вычислительная система, выполняющая основные метода анализа результатов как поведенческой деятельности, и комплекса психических и психофизиологических данных. Оно также выполняет координационные функции на основе синергетического принципа над другими компонентами системы.

Выполняющиеся координационные и самоорганизующиеся функции вычислительного блока:

- являются главным исполнительным органом, опирающимся на результаты анализа интеллектуальных данных различных типов, полученных в реальном масштабе

времени, которое обеспечивает оптимизации процесса обучения;

- выполняют необходимые для адаптации обучения к индивидуальным потребностям пользователя, анализа его прогресса и принятия решений об оптимизации обучающего процесса.

Психологические и психофизиологические данные получают с системой тремя способами.

Для обеспечения эффективности стрельбы при оптимизации с целью выявления индивидуальности получают психологические и психофизиологические данные [9] из трех источников.

1 источник информации получается из результатов, позволяющих количественные оценки из восьмицветового теста Люшера. Этот тест с оценкой психофизиологических показателей основан на количественном анализе шести основных психофизиологических интегративных данных, необходимых для обоснования выраженности тех или иных психологических и психофизиологических показателей. На рис. 2 представлен диалоговый интерфейс, разработанный авторами метода на основе математической формулы Г.А. Аминова [10], основываясь на результатах теста Люшера.

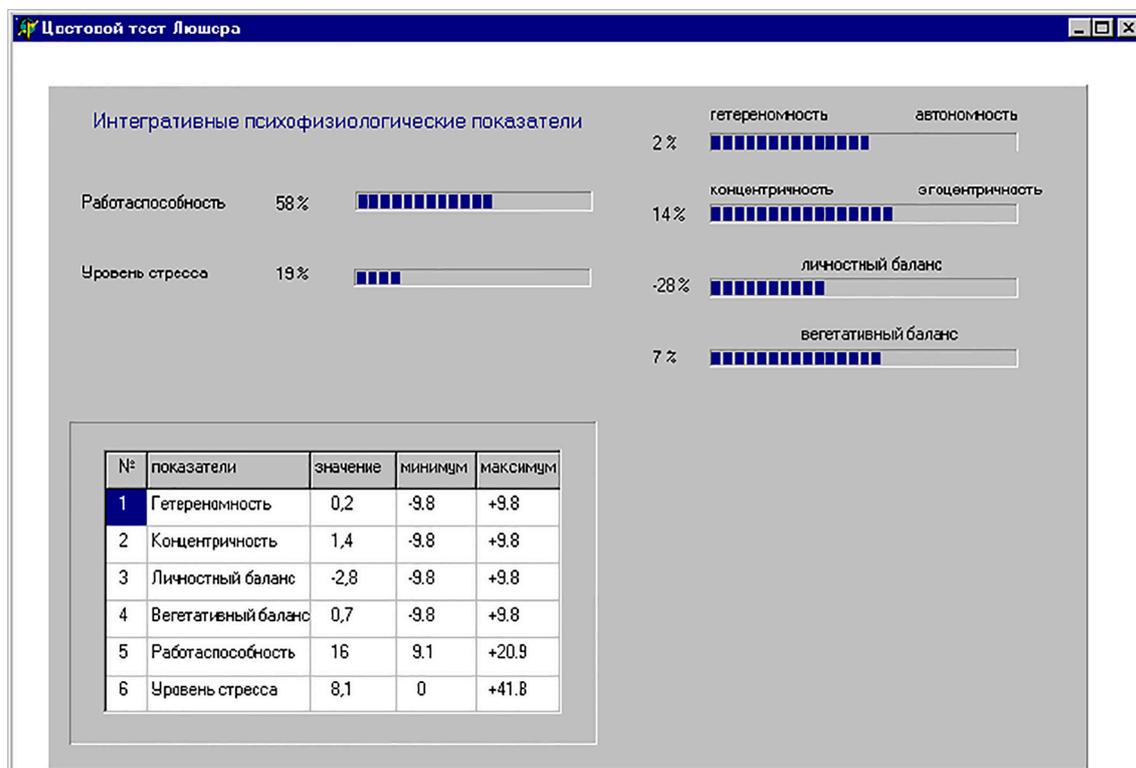


Рис. 2. Диалоговый интерфейс метода определяющего комплекс интегральных качеств на основе теста Люшера

На основе этого метода вычисляются следующие интегративные психофизиологические показатели:

1) (-9.8 +9.8) – гетерономность-автономность, если значения между 0 и +9.8, субъект гетерономен, пассивен, сенситивен, зависит от среды; а если от 0 до -9.8 – субъект автономен, активен, свободен;

2) концентричность-эгоцентричность (-9.8 +9.8); если от 0 до +9.8 субъект концентричен, внимание направлено к своим проблемам; а если от 0 до -9.8 – эксцентричен, внешняя среда, является для него объектом взаимопомощи;

3) личностный баланс (-9.8 +9.8); если значения от 0 до +9.8, то субъект противоречив и неустойчив, а если значение от 0 до -9.8, то личность сбалансирована;

4) вегетативный баланс (-9.8 +9.8); если от 0 до +9.8, то доминирует симпатическая нервная система, если от 0 до -9.8, то доминирует парасимпатическая нервная система;

5) работоспособность (9.1 +20.9); уровень работоспособности находится в пределах единицы;

6) показатель стресса (0 +41.8); уровень стресса в пределах единицы.

Полученные интегральные показатели пользователя используются в начальном этапе процесса обучения.

И источником являются результаты следующих тестов, характеризующих текущее психологическое состояние:

1. Тест Теппинга для определения работоспособности, связанный с силой нервной системы.

2. Тест реакции на движущийся объект, который позволяет выявить такие динамические характеристики, как латентное время реакции, способность к предвидению, степень утомляемости, точность реакции, а также выявление типа ошибок и соотношений эмоционального и рассудочно-го компонента.

3. Динамическая структура последовательностей «индивидуальных секунд» способствует выявлению устойчивости внутренних состояний, связанных с доминирующей мотивацией.

III источником являются электрофизиологические показатели, такие как ЭКГ, КГР, кривая дыхания и т.д., получаемые в реальном масштабе времени [11] в процессе выполнений текущего сеанса.

Исследование было проведено в двух группах (6 обучающимися). 1-я – контрольная группа с включением коррекционных процедур, а 2-я группа без включения искусственных обратных связей.

### Результаты исследования и их обсуждение

Как показал результат применения вышеизложенного подхода к оптимизации процесса обучения выявлен ряд преимуществ сравнения с классическим тренажером. Эти преимущества отражали себя при оценке несколькими критериями. Одним из критериев являлось общее время обучения, которое сокращалось в среднем на 70–75% сравнимыми с обучаемыми группой. Вторым критерием, который обеспечивает психологическую устойчивость, является способность к сохранению спокойствия и контролю стрессовых ситуаций, что важно при работе с огнестрельным оружием. Улучшение вышесказанного качества отражается в статистически достоверном увеличении комплекса показателей, полученных с помощью обратной связи на основе динамических характеристик электрофизиологических данных, где применены компьютерные методы определения резких изменений.

Информация обратной связи, полученная от блока принятия решения на основе трех типов психологических и психофизиологических данных, передается непосредственно пользователю через звуковой и визуальный канал.

Интеллектуальность блока «генератор сценария» зависимости от результатов и состояний позволяет выявить функциональные ресурсы пользователя, связанные индивидуальностью. При этом пользователь с интеллектуальным блоком вычислительного комплекса выполняет целевую задачу интерактивной системы на основе синергетического подхода, которая позволяет максимально учитывать индивидуальные возможности обучаемого.

Во время выполнения обучения с подкреплением [12–14] пользователем выявлен ряд корреляционных закономерностей:

– нарушение вегетативного баланса отражается в соотношениях ошибок 1-го и 2-го рода;

– динамика изменений результатов сомоторной реакции по тесту Теппинга отражается в устойчивости степени обучаемости при изменении среды, диктуемой сценарием задач;

– степень динамичности изменений последовательностей «индивидуальных секунд» проявляется вариабельностью сердечного ритма во время выполнения процесса обучения.

Успешность процесса обучения определяется минимизацией ошибок процесса тренировки.

### Выводы

1. Опираясь на различного рода психологические и психофизиологические комплексы показателей на разных этапах, интеллектуальный тренажер способствует оптимизации процесса обучения.

2. Интеллектуальность тренажера позволяет выявлению функциональных ресурсов пользователя с применением метода обучения с подкреплением.

3. Возможность «генерации задач» системы в зависимости от результатов деятельности испытуемого в различных этапах обучения позволяет формировать оптимальную мотивацию для данного этапа.

4. Результаты анализа протокола процесса обучения может позволить выявление закономерностей между поведенческими и психофизиологическими данными, связанными с индивидуальностью испытуемого.

### Список литературы

1. Гусейнов Н.Э. Использование гибридных технологий при проектировании интеллектуального тренажера // Технологии искусственного интеллекта и авиакосмические проблемы: Материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Баку, 2023. С. 105–109.

2. Huseynov N.E., Dadashov F.H. Reinforcement learning as an algorithmic basis for an intelligent simulator // Proceedings of international Scientific and practical Youth IX Conference «February readings 2024»: Creative Potential of the Youth in Solving of Aerospace Problems. Baku, 2024. P. 98–100.

3. Chioma Udeozor, Ryo Toyoda, Fernando Russo Abegão, Jarka Glassey. Digital games in engineering education: systematic review and future trends // *European Journal of Engineering Education*. 2023. Vol. 48, Is. 2. P. 321–339.

4. Matteo Baldoni. Engineering Multi-Agent Systems // Third International Workshop, EMAS. Istanbul, Turkey. May 5. 2015. 242 p.

5. Плотников Н.И. Ресурсы воздушного транспорта. Новосибирск: НГАЭУ, 2003. 326 с.

6. Holger Kantz, Thomas Schreiber, Synergetics: An Introduction // Springer. 2018. 148 p.

7. Dadashova K.G., Allahverdiyev A.R., Dadashov F.H. Expert advisory system determining the functional reliability of the human operator based on psychological and psychophysiological indicators // *Azerbaijan Journal of Physiology*. 2023. Vol. 38, Is. 1. P. 33–39.

8. Рыбина Г.В. Интеллектуальные обучающие системы на основе интегрированных экспертных систем: учебное пособие. М.: Директ-Медиа, 2023. 132 с.

9. Dadashov F.H., Allahverdiyev A.R., Dadashova K.G. Prospect of microcontrollers in medical-biological researches // *Science without borders*. 2009. Vol. 3. P.101–105.

10. Аминов Г.А. Математические методы в инженерной психологии. УФА: Изд-во БГУ, 1982. С. 19–24.

11. Andreas Neubauer. Basic Electrophysiological Methods. Springer, 2016. 248 p.

12. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2018. 352 p.

13. Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D., Rusu A.A., Veness J., Bellemare M.G., Hassabis D., Human-level control through deep reinforcement learning // *Nature Publishing Group*. 2015. 518 p.

14. Maxim Lapan. Deep Reinforcement Learning Hands-On // Packt Publishing. 2020. 826 p.