

Научная статья | Original paper

УДК 004.42

Количественная оценка навыков командной работы у операторов БПЛА

М.А. Михайловский✉, В.А. Орищенко,

О.С.А. Ел Саид, Л.С. Куравский, Н.Е. Юрьева

Московский государственный психолого-педагогический университет
(ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация

✉ muxa172002@yandex.ru

Резюме

Представлен новый подход к количественной оценке навыков командной работы у операторов сложных технических систем на примере совместного управления беспилотными летательными аппаратами. Этот подход опирается на представления деятельности операторов в виде марковских процессов с дискретными состояниями и дискретным временем с последующим анализом матриц вероятностей переходов между элементарными операциями, используя квантовые представления. Описываются программные средства, имитирующие распределенное управление двумя беспилотными летательными аппаратами, которые могут применяться как в учебных, так и в исследовательских целях для решения диагностических задач и количественного сравнения навыков согласованного управления.

Ключевые слова: психологическая диагностика, навыки командной работы, совместная деятельность, компьютерный тренажер

Финансирование. Работа выполнена в рамках научно-исследовательского проекта МГППУ «Технологии искусственного интеллекта для поддержки операторов БПЛА» при финансовой поддержке программы «Приоритет 2030».

Для цитаты: Михайловский, М.А., Орищенко, В.А., Ел Саид, О.С.А., Куравский, Л.С., Юрьева, Н.Е. (2025). Количественная оценка навыков командной работы у операторов БПЛА Моделирование и анализ данных, 15(2), 165—176. <https://doi.org/10.17759/mda.2025150210>



Quantitative assessment of the teamwork skills for UAV operators

M.A. Mikhailovsky✉, **V.A. Orischenko, O.S.A.**

El Sayed, L.S. Kuravsky, N.E. Yuryeva

Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia

✉ muxa172002@yandex.ru

Abstract

Presented is a new approach to the quantitative assessment of the teamwork skills for the operators of complex technical systems, using the example of collaborative control of unmanned aerial vehicles (UAVs). This approach is based on representing operator activities as Markovian processes with discrete states and discrete time, followed by an analysis of transition probability matrices between elementary operations using quantum representations. Software tools are described that simulate distributed control of two UAVs and can be used for both educational and research purposes, enabling diagnostic tasks and quantitative comparison of coordinated control skills.

Keywords: psychological diagnostics, teamwork skills, collaborative activity, computer simulator

Funding. The work was carried out within the framework of the MSUPE research project “Artificial Intelligence Technologies to support UAV operators” with the financial support of the Priority 2030 program.

For citation: Mikhailovsky, M.A., Orischenko, V.A., El Sayed, O.S.A., Kuravsky, L.S., Yuryeva, N.E. (2025). Quantitative assessment of teamwork skills in UAV operators. *Modelling and Data Analysis*, 15(2), 165—176. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/mda.2025150210>

Введение

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) требует не только технического совершенствования автономных систем, но и углубленного изучения механизмов формирования командных навыков у операторов, взаимодействующих в условиях пространственной разобщенности и ограниченной информированности. Особенно актуальна эта задача для сценариев, где два пользователя управляют разными типами дронов: у одного из них целью является достижение конкретной точки в пилотируемом пространстве, у второго — разведка и координация действия первого. Такое разделение ролей создает уникальные вызовы для коммуникации: оператор первого дрона зависит от внешней информации, предоставляемой разведчиком, а их совместная эффективность напрямую связана с качеством передачи команд (например, через последовательность команд). Традиционные подходы в оценке командной работы, разработанные



для пилотируемых систем, часто не учитывают специфику дистанционного взаимодействия, где коммуникация ограничена формализованными сигналами, а ошибки одного участника могут критически повлиять на решение поставленной задачи.

Для объективного анализа таких сценариев необходимы методы, формализующие динамику взаимодействия. Одним из перспективных подходов к решению является адаптация «схемы треугольника» (Михайловский, Ермаков, Юрьева, 2024; Куравский, Юрьев и др., 2024) позволяющей количественно оценивать командные навыки на основе анализа переходов между типами операций в процессе выполнения задачи.

Современные подходы к подготовке операторов бпла

Развитие беспилотной авиации расширило сферы применения дронов, что потребовало пересмотра подходов к подготовке специалистов. Современные операторы должны управлять сложными системами в условиях стресса, неопределенности и взаимодействия с другими участниками процессов. Традиционные методы подготовки, ориентированные на индивидуальные навыки, не обеспечивают достаточного уровня готовности к реальным вызовам, связанным с многозадачностью, динамичными сценариями и коллективным принятием решений.

Обучение операторов БПЛА исторически включает четыре этапа: теоретическую подготовку, симуляторы, практические полеты и квалификационные испытания. Однако эта модель имеет ограничения, так как не учитывает необходимость командной работы, быстрой смены ролей и адаптации к непредвиденным ситуациям. Стандартные тренажеры часто воспроизводят идеализированные условия, что снижает их эффективность при подготовке к сложным погодным условиям или техническим сбоям.

Одним из перспективных направлений стало внедрение технологий виртуальной и дополненной реальности, позволяющих создавать реалистичные сценарии обучения. Подобные среды повышают вовлеченность и развивают пространственное мышление (Будкин, Постников, Лагутина, 2023), однако их массовое применение ограничено стоимостью оборудования и недостаточной проработкой командных сценариев. Большинство решений пока фокусируются на индивидуальном обучении, тогда как реальные задачи требуют координации действий и общей ситуационной осведомленности.

Не менее важным является использование биофидбэк-технологий, которые отслеживают физиологические параметры обучающихся и адаптируют сложность заданий под их текущее состояние. Такой подход позволяет персонализировать нагрузку, выявлять моменты утомления и формировать навыки саморегуляции. Однако широкому внедрению препятствуют техническая сложность, необходимость специализированного оборудования и недостаток экспертов для анализа данных.

Технологии искусственного интеллекта открывают возможности для автоматизации анализа поведения обучающихся и построения индивидуальных траекторий обучения. Алгоритмы машинного обучения могут предсказывать ошибки, адаптировать сценарии



под уровень подготовки и имитировать командное взаимодействие. Некоторые разработки демонстрируют повышение эффективности решений за счет моделирования ролевых паттернов. При этом проблема «непрозрачности» алгоритмов и зависимость от качества входных данных остаются барьерами для применения таких систем.

Элементы геймификации и игровые симуляторы повышают мотивацию, особенно среди молодых специалистов, и формируют базовые навыки управления. Однако упрощенная физическая модель и отсутствие реалистичных стрессовых факторов затрудняют перенос этих навыков на профессиональные задачи. Для преодоления данного разрыва необходима интеграция игровых элементов с аналитикой ошибок и модулями групповой координации.

Когнитивная подготовка вне полетной среды играет важную роль в повышении устойчивости к перегрузкам. Упражнения на развитие внимания, рабочей памяти и многозадачности снижают количество ошибок и улучшают скорость реакции. Такие тренировки не требуют дорогостоящего оборудования и могут быть использованы в программах среднего профессионального образования.

Интеграция различных методов в единую обучающую систему признается наиболее перспективным направлением. Комплексные тренажеры, сочетающие симуляторы, ИИ, биофидбэк и когнитивные тесты, позволяют формировать устойчивые навыки, соответствующие реальным условиям. Однако масштабирование таких решений требует значительных инвестиций и междисциплинарного сотрудничества.

Облачные тренажеры становятся важным инструментом снижения затрат на обучение за счет централизованной обработки данных. Платформы такого типа обеспечивают одновременную подготовку большого количества студентов и интеграцию аналитических модулей для оценки прогресса. Параллельно развивается стандартизация программ подготовки в сфере среднего профессионального образования, что необходимо для унификации компетенций и сертификации специалистов.

Подготовка операторов БПЛА представляет собой междисциплинарную задачу, требующую синтеза технических, когнитивных и командных аспектов. Эффективность современных технологий зависит от системного подхода, адаптации к локальным условиям и развития инфраструктуры образования. Интеграция инноваций в массовую практику, особенно на уровне среднего профессионального образования, станет критическим фактором для формирования кадрового потенциала отрасли.

Математическая модель согласованной деятельности операторов

Следуя работам (Kuravsky, 2021; Kuravsky, 2024; Kuravsky, 2022; Kuravsky, 2020), для количественного представления согласованной командной деятельности, реализуемой при работе на тренажере, применяется вероятностная модель, построенная на использовании матриц вероятностей переходов между элементарными действиями. Эта модель позволяет формализовать наблюдаемое поведение операторов, представляя



его как процесс с конечным числом состояний и вероятностной динамикой переходов между ними.

Каждое элементарное действие определенного типа (например, нажатие определенной клавиши оператором-наводчиком или исполнителем) рассматривается как уникальное состояние системы. Система может находиться в одном из n возможных состояний марковского процесса с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова), где n определяется количеством всех допустимых типов действий в рамках текущего экспериментального режима. Например, в парном взаимодействии двух операторов фиксируются до 14 типов воздействий (5 клавиши у каждого участника + 4 команды от наводчика), в то время как в интегрированном режиме используется 10 типов операций, объединяющих управление и навигацию.

Динамика пребывания в состояниях системы описывается вектором $p(t) = (p_0(t), p_1(t), \dots, p_{n-1}(t))^T$, где $p_i(t)$ — вероятность того, что система находится в состоянии i в момент времени t ($0 \leq t \leq T$; $t, T \in \mathbb{N}$; T — конечный момент времени; $\mathbb{N}$ — множество натуральных чисел; n — число типов элементарных операций (совпадает с числом состояний цепи Маркова)). Изменение вектора $p(t)$ во времени задается уравнением:

$$p(t+1) = \mathbf{M}_1 p(t)$$

где $\mathbf{M}_1 = m_{ij,1}$ — стохастическая матрица переходов между состояниями порядка n , сформированная на основе наблюдений за деятельностью в первом фрагменте взаимодействия (например, при индивидуальном режиме работы оператора-наводчика, исполнителя или при совместной деятельности); элемент $m_{ij,1}$ представляет собой вероятность перехода от типа действий j к типу действий i .

Элементы матрицы $\mathbf{M}_1$ оцениваются по эмпирическим данным, используя результаты регистрации нажатий клавиш, а затем нормализации частот переходов между типами элементарных действий. Отдельная матрица формируется для каждого участника и для каждой роли, что позволяет сравнивать поведенческие профили при разных режимах деятельности.

В рамках последующего анализа, представленного в работах (Kuravsky, 2021; Kuravsky, 2024; Kuravsky, 2022; Kuravsky, 2020; Куравский, Юрьев и др., 2024), полученные матрицы сравниваются между собой в рамках «схемы треугольника» (рис. 1), используя:

- матрицу индивидуальной деятельности оператора 1;
- матрицу индивидуальной деятельности оператора 2;
- матрицу совместной (или интегрированной) деятельности.

Применение данной модели позволяет анализировать не только факт выполнения заданий, но и структуру взаимодействий между участниками, выявлять устойчивые поведенческие траектории, переходные вероятности между режимами управления, а также характер изменения стратегии при переходе от индивидуального к парному или интегрированному взаимодействию.

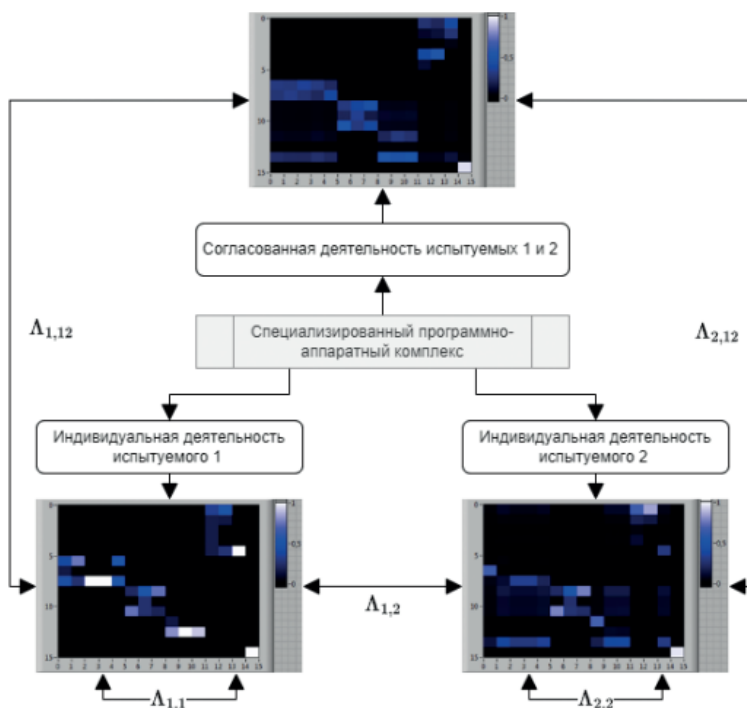


Рис. 1. Оценка навыков командной деятельности по «схеме треугольника», предполагающей сопоставление согласованных действий испытуемых, выполненных в паре и индивидуально

Fig. 1. Assessment of team activity skills according to the «triangle scheme», which involves a comparison of coordinated actions of subjects performed in pairs and individually

Построение и анализ матриц вероятностей переходов между типами элементарных действий обеспечивает формализацию диагностики командной деятельности, применимую как в исследовательских, так и в учебных целях.

Программное обеспечение: тренажер, имитирующий взаимодействие операторов бпла

Тренажер представляет собой программную имитационную систему, моделирующую кооперативную деятельность двух операторов беспилотных летательных аппаратов в условиях функционального разделения ролей. Он предназначен для формирования, тренировки и объективной оценки навыков командного взаимодействия при выполнении пространственно-навигационных задач в трехмерном виртуальном пространстве (рис. 2—3).



Рис. 2. Визуализация управления дроном в трехмерном виртуальном пространстве со стороны оператора-наводчика

Fig. 2. Visualization of drone control in a three-dimensional virtual space by the operator-gunner



Рис. 3. Визуализация управления дроном в трехмерном виртуальном пространстве со стороны оператора-исполнителя

Fig. 3. Visualization of drone control in a three-dimensional virtual space by the performing operator



В стандартной конфигурации тренажер реализует взаимодействие двух операторов:

- Оператор-наводчик управляет разведывательным дроном, оснащенным мини-картой и системой визуального целеуказания. Он передает навигационные команды второму оператору с помощью клавиш ←, →, ↑, ↓, задавая направления движения (вверх, влево, вниз, вправо). Наводчик обладает более широкой сенсорной осведомленностью, что позволяет ему выполнять роль координатора. Помимо этого, оператор-наводчик управляет своим дроном используя клавиши W, A, S, D, Space
- Оператор-исполнитель управляет летательным аппаратом, выполняющим маневры на основе получаемых указаний. Управление осуществляется через клавиши W, A, S, D, Space. соответствующие направлениям перемещения. Ориентируется лишь по ограниченному визуальному полю, что делает его зависимым от точности и своевременности команд наводчика.

Каждое управляющее воздействие фиксируется системой регистрации и рассматривается как элементарная операция. Полученные данные агрегируются. На их основе формируются стохастические матрицы вероятностей переходов между состояниями (рис. 4—5). Эти матрицы представляют взаимодействие участников и позволяют формализовать совместную деятельность в виде марковского процесса.

В дополнение к полному режиму реализован режим интегрированного управления, при котором один участник совмещает функции обоих операторов. Управление в этом случае осуществляется посредством сдвоенности пяти команд, что обеспечивает размерность матрицы (10×10) (рис. 5).

	a	s	w	d	a1	s1	w1	d1	Key.space	Key.space1	Key.up	Key.down	Key.left	Key.right
a	0,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
w	0	0	0,737	0	1	0	0,038	0	0,05	0	0	0	0	0
d	0	0	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0
s1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
w1	0	0	0,053	0	0	0	0,769	0	0,033	0,032	0,333	1	0	0
d1	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,033	0,033	0	0	0	0
Key.space	0,125	0	0,105	1	0	0	0,077	0,1	0,567	0,581	0	0	0	0
Key.space1	0	0	0,053	0	0	0	0,038	0	0,317	0,355	0	0	0	0
Key.up	0	0	0	0	0	0	0,077	0	0	0	0,333	0	0	0
Key.down	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,032	0	0	0	0
Key.left	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,333	0	0,75	0
Key.right	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Рис. 4. Матрица вероятностей переходов 14x14

Fig. 4. Transition probability matrix 14x14

	a1	s1	w1	d1	a2	s2	w2	d2	Key.space1	Key.space2
a1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
s1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
w1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
d1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
a2	0	0	0,038	0	0	0	0	0	0	0
s2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
w2	0	0	0,923	0	0	0	0	0	0,065	0
d2	0	0	0	0,95	0	0	0	0	0,032	0
Key.space1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Key.space2	1	0	0,038	0,05	0	0	0	0	0,903	0

Рис. 5. Матрица вероятностей переходов 10x10

Fig.5. Transition probability matrix 10x10



Для наглядного анализа модели поведения участников тренажера были построены матрицы вероятностей переходов, отражающие закономерности смены элементарных операций. На рис. 4 и 5 представлены матрицы, соответствующие двум режимам управления.

Первая матрица размера 14×14 построена на основе анализа совместной деятельности двух операторов в условиях распределенного управления. Каждая из 14 строк и столбцов представляет отдельное действие, выполняемое одним из участников: W, A, S, D, Space, $\leftarrow$, $\rightarrow$, $\uparrow$, $\downarrow$ — от оператора наведения, и клавиши W 1, A 1, S 1, D 1, Space 1 от оператора исполнения. Структура матрицы отражает возможность перехода от любого действия к любому другому, что соответствует гибким и адаптивным стратегиям взаимодействия в парной деятельности.

Вторая матрица размера 10×10 описывает поведение оператора в режиме интегрированного управления, при котором один участник одновременно выполняет функции навигации и исполнения команд. Каждая строка и столбец в данной матрице соответствует определенному элементарному действию (W, A, S, D, Space), а значения ее элементов представляют вероятности перехода от одного действия к другому.

После формирования стохастических матриц вероятностей переходов, описывающих паттерны поведения операторов, полученные результаты передаются в интеллектуальную систему квантового моделирования (Kuravsky, 2020), предназначенную для получения количественных оценок степени согласованности действий при совместном решении поставленной задачи средствами искусственного интеллекта в режиме реального времени. Эта система использует квантовые представления (Kuravsky, 2021; Kuravsky, 2024; Kuravsky, 2022) и реализована на языке *G* в среде графического программирования *LabVIEW* (рис. 6).

Применяя методы, представленные в работе (Куравский, Юрьев и др., 2024), для каждой сессии работы операторов выполняются:

- **сравнение с индивидуальной деятельностью** — вычисляется степень отличия командной деятельности от деятельности в режиме индивидуального управления, что позволяет оценить уровень координации и наличие избыточного дублирования действий между операторами, используя «схему треугольника»;
- **сравнение с эталонной парой** — реализуется путем сопоставления текущей матрицы переходов с эталонной моделью, сформированной по данным высококвалифицированных операторов.

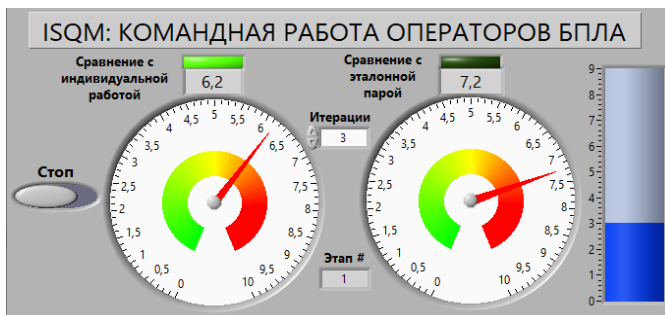


Рис. 6. Визуализация оценок командной работы для операторов БПЛА

Fig.6. Visualization of teamwork assessments for UAV operators



Вычисленные оценки отображаются на аналоговых шкалах с цветовой дифференциацией (зеленая зона — высокая согласованность, красная — низкая). Пользователь в режиме реального времени получает информацию о качестве координации.

Функциональные возможности модуля визуализации оценок командной работы включают:

- проведение интегральной количественной оценки согласованности действий в команде;
- предоставление *визуализированной обратной связи*, понятной как исследователям, так и испытуемым;
- адаптацию сценариев в режиме реального времени на основе текущих показателей согласованности;
- *сопоставление поведения* с эталонными образцами и анализ отклонений, используя спектральную метрику (Kuravsky, 2021; Kuravsky, 2024; Kuravsky, 2022).

Этот модуль, встроенный в процесс тренировки, существенно повышает интерактивность и диагностическую ценность тренажера, обеспечивая объективную интерпретацию эффективности командной работы в режиме реального времени.

Заключение

Разработаны программные средства для количественной оценки командной работы операторов БПЛА, опирающиеся на представление их деятельности в виде марковских процессов. Предложенный подход позволяет формализовать динамику взаимодействия операторов, используя матрицы вероятностей переходов между элементарными операциями, что обеспечивает объективную диагностику и развитие навыков согласованного управления. Созданный тренажер, имитирующий распределенное управление дронами, демонстрирует эффективность интеграции математического моделирования с технологиями виртуальной реальности. Полученные результаты подтверждают эффективность применения марковских процессов и квантовых представлений для исследования командной деятельности. Разработанные средства открывают новые возможности для использования обучающих сценариев в реальном времени, что особенно актуально в условиях ограниченных ресурсов и необходимости стандартизации подготовки специалистов.

Список источников / References

1. Михайловский, М.А., Ермаков, С.С., Юрьева, Н.Е. (2024). Количественная оценка степени сформированности навыков командной деятельности. Моделирование и анализ данных, 14(3), 118—134. <https://doi.org/10.17759/mda.2024140307>
Mikhailovsky M.A., Ermakov S.S., Yuryeva N.E. Quantitative Assessment of Degree Formation of Teamwork Skills. Modelirovanie i analiz dannykh = Modelling and Data Analysis, 2024. Vol. 14, no. 3, pp. 118—134. DOI: <https://doi.org/10.17759/mda.202414030> (In Russ., abstr. in Engl.).
2. Будкин, Е.Г., Постников, А.А., Лагутина, Е.И. Роль симулятора в подготовке оператора БПЛА вызов современности процессу обучения в военном вузе // Вестник военного образования. — 2023. — № 3 (42). — С. 27—30.



- Budkin, E.G., Postnikov, A.A., Lagutina, E.I. The Role of a Simulator in UAV Operator Training: A Challenge of Modernity to the Educational Process in a Military University // *Vestnik Voenного Obrazovaniya* (Bulletin of Military Education). — 2023. — No. 3 (42). — P. 27—30.
3. Kuravsky, L.S., “Modeling Dynamical Behavior of Stochastic Systems: Spectral Analysis of Qubit Representations vs the Mutual Markovian Model Likelihood Estimations,” *Lobachevskii J. Math.*, 42 (10), 2364—2376 (2021).
 4. Kuravsky, L.S. Quantum Representations and Their Applications in Diagnostics. — M.: DeLibri, 2024. — 128 c.
 5. Kuravsky L.S., “Simplification of Solving Diagnostics Problems by Convolution of Applied Markovian Models into the Quantum Representations,” *Lobachevskii J. Math.*, 43 (7), 1669—1682 (2022).
 6. Kuravsky, L.S., Yuryev G.A. A novel approach for recognizing abnormal activities of operators of complex technical systems: three non-standard metrics for comparing performance patterns// *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology* (IJARET). 2020. Vol. 11(4). P. 119—136. URL: <http://www.iaeme.com/IJARET/issues.asp?JType=IJARET&VType=11&IType=4> (Дата обращения: 06.07.2024).
 7. Kabi, A., Dhar, M., Arora, P., Bhardwaj, B.B., Chowdhury, N., Rao, S. Effectiveness of a Simulation Based Training Program in Improving the Preparedness of Health Care Workers Involved in the Airway Management of COVID-19 Patients // *Cureus*. 2021. Vol. 13(8). Article ID e17323. 8 p. DOI: 10.7759/CUREUS.17323
 8. Куравский, Л.С., Юрьев, Г.А., Михайловский, М.А., Несимова, А.О., Юрьева, Н.Е., Поляков, Б.Ю. Формирование навыков командной деятельности и их объективная количественная оценка на основе квантовых представлений // *Экспериментальная психология*. 2024. Том 17. № 2. С. 154—177. DOI: 10.17759/exppsy.2024170210
- Kuravsky, L.S., Yuryev, G.A., Mikhailovsky, M.A., Nesimova, A.O., Yuryeva, N.E., Polyakov, B.Y. (2024). Formation of Teamwork Skills and Their Objective Quantitative Assessment Based on Quantum Representations. *Experimental Psychology (Russia)*, 17(2), 154—177. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170210>

Информация об авторах

Михайловский Михаил Александрович, лаборант-исследователь, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7399-2800>, e-mail: muxa172002@yandex.ru

Орищенко Виталий Алексеевич, лаборант-исследователь, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6696-5147>, e-mail: vitalyorischenko@gmail.com

Ел Саид Омар Саид Адам, лаборант-исследователь, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, e-mail: elsaudomar@gmail.com

Куравский Лев Семенович, доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных технологий, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: l.s.kuravsky@gmail.com

Юрьева Наталия Евгеньевна, кандидат технических наук, научный сотрудник, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Россия, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>, e-mail: yurieva.ne@gmail.com



Information about the authors

Michael A. Mikhailovsky, Research Assistant, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7399-2800>, e-mail: muxa172002@yandex.ru

Vitaly A. Orishchenko, Research Assistant, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6696-5147>, e-mail: vitalyorischenko@gmail.com

Omar S.A. El Sayed, Research Assistant, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, e-mail: elsaudomar@gmail.com

Lev. S. Kuravsky, Doctor of Science (Engineering), Professor, Dean of the Computer Science Faculty, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3375-8446>, e-mail: l.s.kuravsky@gmail.com

Nataliya E. Yuryeva, PhD (Engineering), Research Fellow, Moscow State University of Psychology and Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1419-876X>, e-mail: yurieva.ne@gmail.com

Вклад авторов

Куравский Л.С. — идеи исследования; планирование исследования; контроль за проведением исследования.

Михайловский М.А. — применение статистических, математических или других методов для анализа данных.

Орищенко В.А. — визуализация результатов исследования; обработка датасета, подготовка данных; Ел Саид О.С. А. — нормализация, измерения, корректировка расчетов.

Юрьева Н.Е. — аннотирование; обработка датасета, подготовка данных, оформление рукописи, перевод разделов публикации на иностранный язык.

Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.

Contribution of the authors

Kuravsky L.S. — research ideas; research planning; control over research.

Mikhailovsky M.A. — application of statistical, mathematical or other methods for data analysis.

Orishchenko V.A. — visualization of research results; dataset processing, data preparation.

El Said O.S. A. — normalization, measurements, correction of calculations.

Yuryeva N.E. — annotation; dataset processing, data preparation, manuscript design, translation of publication sections into a foreign language.

All the authors participated in the discussion of the results and agreed on the final text of the manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 27.05.2025

Поступила после рецензирования 29.05.2025

Принята к публикации 06.06.2025

Опубликована 30.06.2025

Received 2025.05.27

Revised 2025.05.29

Accepted 2025.06.06

Published 2025.06.30