



Научная статья | Original paper

Успешность выполнения компьютеризированной задачи с разными типами слуховых интерфейсов

А.Ю. Разваляева¹✉

¹ Институт психологии Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

✉ annraz@rambler.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Слуховые интерфейсы часто исследуются как способ снизить когнитивную нагрузку на оператора системы в условиях, когда опора на зрительный интерфейс слишком затратна по времени и когнитивным ресурсам. Однако, несмотря на данные об эффективности слуховых интерфейсов по сравнению со зрительными, разные типы слуховых интерфейсов — например, параметрический, в котором данным ставятся в соответствие характеристики звука, и пространственный, моделирующий пространственное положение звука, — не сравниваются между собой. Новизна данной работы заключается в том, что пространственный и непространственный параметрический интерфейс сравниваются в двух условиях: когда информация, которую они передают, соответствует типу интерфейса — и когда не соответствует. **Цель:** проверить, как использование пространственного и непространственного параметрического интерфейса влияет на точность и скорость выполнения задачи с информацией, соответствующей и не соответствующей типу звука. **Гипотезы.** Предполагалось более точное и быстрое выполнение задачи в условии конгруэнтности слухового интерфейса и задания, а также наличие положительного вклада со стороны характеристик, связанных с обработкой слуховой информации. **Методы и материалы.** Выборку составили 52 студента и преподавателя московских вузов (39 женщин, средний возраст — $23,41 \pm 8,05$ года; 13 мужчин, средний возраст — $35,08 \pm 17,68$ года). В исследовании использовалась компьютеризированная задача об управлении «космической станцией», опросник на полимодальность восприятия (Бандурка, 2004) и Плимутский опросник сенсорных образов (Andrade et al., 2014; Разваляева, 2024). **Результаты.** Тип слухового интерфейса и тип задания вносили совместный вклад в точность ответа. В неконгруэнтных условиях точность снижалась. Скорость реакции также значительно ухудшалась в неконгруэнтных блоках. Выявлялись эффекты последовательности (улучшение показателей точности в течение эксперимента) и экспериментальной серии, когда блоки, связанные с непространственной информацией, выполнялись хуже, если шли первыми в эксперименте. Вклад конкретных звуков в разных типах задания различался: пространственные звуки лучше различались в пространственной задаче. Яркость слуховых образов вносила вклад в точность ответа при непространственном слуховом интерфейсе. **Выводы.** Характеристики слухового интерфейса и соответствие звуковой шкалы типу информации вносят значимый вклад в эффективность выполнения задачи.

Ключевые слова: слуховые интерфейсы, сонификация, пространственный звук, яркость образов, слуховое восприятие

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 23-78-01141.

Для цитирования: Разваляева, А.Ю. (2026). Успешность выполнения компьютеризированной задачи с разными типами слуховых интерфейсов. *Экспериментальная психология*, 19(2), 91–106. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190206>



Performance efficiency in a computerized task with different types of auditory interfaces

A.Yu. Razvaliaeva¹✉

¹ Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ annraz@rambler.ru

Abstract

Context and relevance. Auditory interfaces are frequently studied as a way of lessening the cognitive load on the operator in conditions when the visual interface is too demanding in terms of time and cognitive resources. However, despite data on the efficiency of auditory interfaces in comparison to visual ones, different types of auditory interface have not been compared against each other, e.g., parametric mapping of data to the qualities of sound vs. spatial modelling of sound location. The current study proposes a novel approach to comparing spatial and or non-spatial interfaces in two conditions — when the information they communicate corresponds to the type of the interface, and when it doesn't. **Objective:** to investigate how using spatial and non-spatial interfaces affects the accuracy and reaction time in the task with information that either corresponds to the type of the interface or doesn't. **Hypotheses.** The task with the congruent auditory interfaces was expected to be performed more accurately and quicker; a positive effect of characteristics related to processing auditory information was also expected. **Methods and materials.** The sample consisted of 52 university students and instructors (39 women, mean age — 23.41 ± 8.05 years; 13 men, mean age — 35.08 ± 17.68 years). The study used a novel computerized task about managing the “orbital station”, the questionnaire of multi-modality in perception (Bandurka, 2004) and Plymouth Sensory Image Questionnaire (Andrade et al., 2014; Razvaliaeva, 2024). **Results.** The interaction between the type of the auditory interface and the type of the task contributed to the accuracy of performance (it was lower in incongruent conditions). Reaction times were also slower in incongruent blocks. Sequence effects were observed (the accuracy improved as the experiment continued), and different block sequences had an effect as well: the performance in non-spatial tasks was poorer if they were the first in the sequence. The effects of specific sounds varied for different tasks: spatial sounds were distinguished better in the spatial task. Vividness of sound imagery contributed to accuracy only for non-spatial auditory interface. **Conclusions.** The characteristics of the auditory interface and the correspondence between the auditory scale and the type of information relevant to the task contribute to the efficiency of the performance in the task.

Keywords: auditory interfaces, sonification, spatial sound, imagery vividness, sound perception

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation, project number № 23-78-01141.

For citation: Razvaliaeva, A.Yu. (2026). Performance efficiency in a computerized task with different types of auditory interfaces. *Experimental Psychology (Russia)*, 19(2), 91—106. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exprpsy.2026190206>

Введение

Возрастающая сложность различных систем приводит к необходимости предоставлять информацию от них в удобной и понятной для пользователя или оператора форме. Ограничения традиционных зрительных интерфейсов были выявлены в авиации, медицине, вождении; и в качестве альтернативы были предложены интерфейсы в других модальностях — в частности, в слуховой (Носуленко, 2020; Baldwin, 2012).

Под слуховыми человеко-машинными интерфейсами понимают такие системы, которые обеспечивают взаимную коммуникацию между компьютеризированной системой и пользователем и осуществляют ее за счет синтеза речи и неречевых звуков (Peres et al.,



2008). С областью слуховых интерфейсов в значительной мере пересекается сонификация, которая определяется как «трансформация отношений в данных в воспринимаемые отношения в акустическом сигнале для облегчения коммуникации или интерпретации» (Kramer et al., 1999, цит. по Walker, 2023, p. 728).

В широком смысле слуховые интерфейсы включают:

- человеческую и синтезированную речь, в том числе спирконы (*spercons*) — сжатые во времени речевые сообщения;
- невербальные оповещения и предупреждения, которые могут быть реализованы за счет слуховых иконок и ирконов (*earcons*) — конкретные и абстрактные звуки, привязывающиеся к определенным событиям;
- постоянные звуки, изменяющиеся по мере изменений в данных (Peres et al., 2008; Walker, 2023).

Систематические обзоры в области слуховых интерфейсов и сонификации указывают на большой разброс результатов, вызванный разными подходами и областями применения устройств, для которых разрабатываются такие интерфейсы. Однако в среднем деятельность в условиях слуховых интерфейсов может выполняться эффективно. Так, слуховые интерфейсы и сонификация двигательной активности успешно используются в реабилитации пациентов после инсульта, где они приводят к значимым улучшениям контроля над сложными движениями (Guerra et al., 2020). А в области управления сложными устройствами было показано, что слуховые интерфейсы в среднем связаны с более точной ориентировкой в пространстве (например, локализация целей, следование за траекторией, детекция отклонений от траектории) и более быстрыми реакциями, по сравнению с условиями без интерфейса, и, как правило, так же или более эффективны, чем визуальные интерфейсы (Разваляева, 2024б).

Однако в данной области продолжают оставаться неразрешенными некоторые проблемы. Во-первых, большая часть слуховых интерфейсов относительно слабо обоснована теоретически. Так, к самым используемым типам слуховых интерфейсов можно отнести параметрические и пространственные интерфейсы (Parseihian et al., 2016); и хотя постулируется превосходство вторых над первыми в экологически-валидных ситуациях (например, связанных с локализацией звука), интерфейсы, созданные с помощью этих подходов, крайне редко сравниваются между собой (Разваляева, 2024б). Более того, неясно, какую информацию более эффективно передавать с помощью двух этих способов и есть ли связь типа информации или задачи, стоящей перед пользователем, и типа интерфейса. Также в исследованиях слуховых интерфейсов, как правило, не измеряются индивидуальные особенности испытуемых, которые могут приводить к разбросу в восприятии звуков и выполнении соответствующих заданий (Разваляева, 2024б).

Таким образом, данное исследование было направлено на создание искусственной задачи с двумя подзадачами — пространственной и непространственной, и двумя слуховыми интерфейсами — пространственным и параметрическим (использующим непространственные свойства звука). В качестве индивидуальных характеристик, которые могли быть связаны с успешностью работы со слуховым интерфейсом, были взяты предпочтение модальности восприятия и яркость образов-представлений в разных модальностях. Исследования показали связь первой характеристики с эффективностью обучения (Бандурка, 2004). Образная же сфера и, в частности, ее яркость может быть связана с различными когнитивными функциями и успешностью решения задач в целом (Andrade, 2014).



Цель исследования — проверить, как использование слуховых интерфейсов разного типа влияет на точность и скорость выполнения задачи с их помощью.

Гипотезы:

1. Тип слухового интерфейса (пространственный или непространственный) вносит вклад в эффективность выполнения задачи (в правильность ответов и их скорость).
2. Более быстрые и точные ответы даются в условии, когда тип слухового интерфейса конгруэнтен типу информации, для которой он создается.
3. Предпочтение слуховой модальности и яркость образной сферы связаны с показателями эффективности выполнения задачи в условии слухового интерфейса.

Материалы и методы

Выборка включала 52 человека (39 женщин, средний возраст — $23,41 \pm 8,05$ года; 13 мужчин, средний возраст — $35,08 \pm 17,68$ года). Это были студенты московских вузов и работающие взрослые (преподаватели и научные работники). В выборку включались лица без заболеваний органов слуха. Большая часть респондентов были правшами ($n = 44$) и не имели музыкального образования ($n = 33$; 16 человек сообщили, что закончили музыкальную школу, а 3 человека занимались самообразованием в области музыки).

Методики

Опросники. Для измерения характеристик, связанных со способностью воспринимать информацию и формировать образы в разных модальностях, использовался опросник на полимодальность восприятия (Бандурка, 2004) и Плимутский опросник сенсорных образов (Andrade et al., 2014; Разваляева, 2024а).

Опросник на полимодальность восприятия представляет собой традиционный опросник самоотчета, в котором респонденты отмечают степень своего согласия с 70 утверждениями по 4-балльной шкале. Опросник измеряет предпочитаемую модальность восприятия и имеет 8 шкал: кинестетическую (α Кронбаха в данном исследовании — 0,72); гаптическую ($\alpha = 0,62$), висцеральную ($\alpha = 0,77$), вкусовую ($\alpha = 0,64$), обонятельную ($\alpha = 0,63$), слуховую ($\alpha = 0,68$), зрительную ($\alpha = 0,64$), «мощность» восприятия ($\alpha = 0,70$).

В Плимутском опроснике респонденту дается задача представлять себе предметы или ситуации в разных модальностях (7 модальностей, 33 пункта в русскоязычной адаптации) и измерять их яркость по 11-балльной шкале. Шкалы опросника: зрение ($\alpha = 0,82$), слух ($\alpha = 0,84$), обоняние ($\alpha = 0,83$), вкус ($\alpha = 0,78$), прикосновение ($\alpha = 0,86$), телесные ощущения ($\alpha = 0,80$), эмоции ($\alpha = 0,78$), общая яркость образов ($\alpha = 0,95$).

Экспериментальная задача. Экспериментальная компьютеризированная задача была написана на языке Python 3.10 (с помощью пакета Psychopy). Задача включала 4 блока, объединенных общей темой управления «космической станцией», с разными комбинациями типа слухового интерфейса и типа задания:

- Блок А: пространственное задание, пространственный слуховой интерфейс (конгруэнтное условие);
- Блок В: непространственное задание, пространственный слуховой интерфейс (неконгруэнтное условие);
- Блок С: пространственное задание, непространственный слуховой интерфейс (неконгруэнтное условие);
- Блок D: непространственное задание, непространственный слуховой интерфейс (конгруэнтное условие).



Давалась следующая общая инструкция:

«В этом исследовании Вы будете управлять космической станцией с помощью информации, получаемой в звуковой форме.

У Вас будет 2 задания:

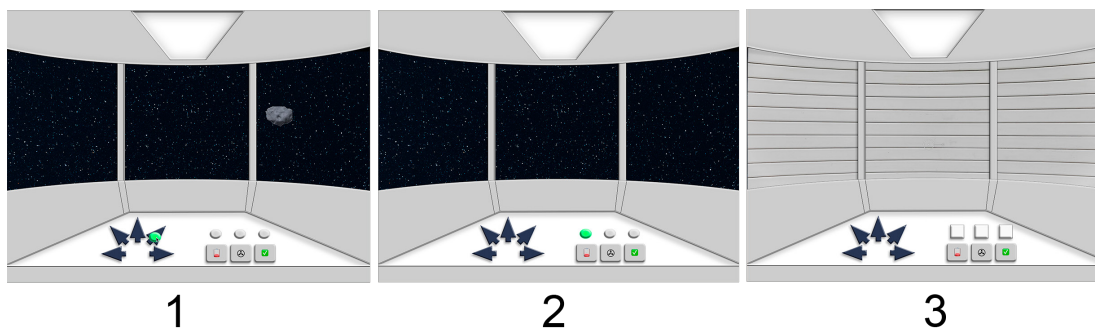
1) активировать ракету, чтобы сбить астероид, движущийся к станции;

2) активировать аккумулятор или вентилятор, если получена соответствующая инструкция.

В каждом блоке будет только одно из этих заданий, но способ, которым Вы будете получать информацию, будет меняться.

В начале каждого нового блока Вы будете получать 5 демонстрационных заданий с визуальными подсказками. Потом — 25 заданий только со звуковыми подсказками.

Таким образом, в блоках с пространственной задачей было задание «сбить астероид», а в блоках с непространственной — «активировать аккумулятор или вентилятор», что отражалось в характере графического интерфейса, с помощью которого давался ответ, и содержании тренировки в начале блока (где демонстрировалось, что происходит, и показывался правильный ответ, см. рис).



1

2

3

Рис. Графический интерфейс экспериментальной задачи: 1) во время тренировки в пространственном условии; 2) во время тренировки в непространственном условии; 3) во время экспериментальных проб

Fig. Graphical interface for the experimental task: 1) spatial task during training sequence; 2) non-spatial task during training sequence; 3) experimental trials

В блоках с пространственной задачей ответ осуществлялся с помощью 5 стрелок, указывающих разное направление «астероида» (слева-направо: 0°, 45°, 90°, 135°, 180°). Чтобы нивелировать ориентировку на пространственное положение кнопок, в блоках с непространственной задачей давалось только 3 кнопки с разными значениями. Кнопкам с предметными значениями («включение аккумулятора» и «включение вентилятора») соответствовал только 1 звук, третья кнопка означала, что не нужно ничего делать, и ей соответствовали 3 остальных звука. Это было сделано для уравнивания количества звуков для разных условий задачи — таким образом, в каждом блоке всегда было 5 звуков.

Звуки генерировались с помощью программы Audacity 3.7.1. Для пространственного условия генерировался розовый шум, с 5 разными настройками панорамирования (громкостью в левом/правом наушнике) — 100% в левом канале и 0% в правом, 75% и 25%, 50% и 50%, 25% и 75%, 0% и 100% соответственно. Для непространственного условия использовались



сгенерированные треугольные волны с 5 разными частотами: 110, 220, 440, 880 и 1760 Гц. Все звуки генерировались с амплитудой 1, продолжительность 30 сек. Выбор типа звуков обусловлен следующими результатами исследований:

- 1) Систематический обзор 60 проектов сонификации показал, что стереопанорамирование чаще всего используется для передачи информации о положении объекта; частота тона была на втором месте, а диапазон тонов — на третьем (Dubus, Brezin, 2013).
- 2) Способность к локализации звука в пространстве обусловлена спектральным составом этого звука, что постулируется в дуплексной теории локализации звуков Дж. Стретта (Разваляева, Носуленко, 2023). Поэтому для пространственной локализации рекомендуется использовать звуки с широким спектром частот, например белый и розовый шум (Bălan et al., 2017). Чтобы пространственное и непространственное условие не отличались по спектру слишком сильно, были сгенерированы волны треугольной формы — т. е. волны с бесконечным числом нечетных гармоник, снижающихся по громкости. В отличие от синусоидальной волны, треугольная содержит весь спектр частот.

Процедура исследования. Перед проведением исследования участникам предъявлялось информированное согласие. После они заполняли демографическую анкету и опросники. Опросники предъявлялись через браузер и были запрограммированы с помощью библиотеки JsPsych ver. 7 (de Leeuw et al., 2022).

Экспериментальная задача была запрограммирована на языке Python 3.10 и предъявлялась с помощью PsychoPy 2024.2.4 для Windows (Pierce, Hirst, MacAskill, 2022). Звуки проигрывались через внешнюю звуковую карту Focusrite Scarlett Solo 2nd gen. и наушники Scarlett Studio HP60 MkII.

В начале эксперимента участники подстраивали громкость стимулов так, чтобы она воспринималась одинаково для всех звуков, использующихся в экспериментальной задаче. Затем предъявлялась общая инструкция, после которой следовали 4 блока. Каждый блок включал инструкцию, объясняющую специфику задачи, демонстрацию соответствия звуков элементам визуального интерфейса и 25 проб. Каждый звук во время блока предъявлялся по 5 раз в случайном порядке. Звук ограничивался 30 секундами, во время его проигрывания нужно было нажать левой кнопкой мыши на соответствующую кнопку на визуальном интерфейсе. Между пробами был 1-секундный интервал.

Исследование проводилось по интраиндивидуальному дизайну; экспериментальные условия предъявлялись по схеме сбалансированного латинского квадрата. Одна из 4 серий, согласно которой устанавливался порядок предъявления блоков, приписывалась в начале эксперимента в зависимости от порядкового номера респондента. Респонденты также получали задачу сравнить 2 блока по ряду показателей (Разваляева, 2025).

Анализ данных проводился в среде R 4.4.2 (R Core Team, 2024), с применением функций из пакетов rjson (Couture-Beil, 2024), lme4 (Bates et al., 2015), effectsize (Ben-Shachar, Lüdtke, Makowski, 2020), psych (Revelle, 2024). Для анализа соответствия распределения нормальному применялся критерий Колмогорова-Смирнова. С учетом того, что сумма ответов и время реакции в разных условиях не были нормально распределены, вместо дисперсионного анализа использовались непараметрические критерии — Краскела-Уоллиса для независимых выборок и Фридмана для повторных измерений — и модели смешанных эффектов (с линейной и логистической регрессией). Для всех типов анализа применялась поправка Бенджамини-Хохберга на множественную проверку гипотез; уровни значимости приведены уже с учетом этой поправки.



Результаты

Точность выполнения задачи и время реакции: групповые различия. Общая точность ответов (сумма правильных ответов) в экспериментальной задаче и среднее время реакции представлены в табл. 1 (для выборки в целом) и 2 (для групп, выполнявших разные экспериментальные серии). Значимых различий для 4 блоков в общей выборке получено не было.

Таблица 1 / Table 1

**Описательные статистики и результаты групповых сравнений
точности и времени ответов в разных блоках экспериментальной задачи**
**Descriptive statistics and results of group comparisons for task accuracy and reaction
times in different blocks of the experimental task**

Группа / Group	Min	Max	M	SD	Med	Критерий Фридмана / Friedman test
Правильные ответы (сумма) / Correct answers (sum)						
Вся задача (100 ответов) / All task (100 answers)	43	96	74,23	16,58	79,5	$\chi^2 = 4,86$, df = 3, p = 0,18
Блок А (25) / Block A (25)	3	25	18,56	5,97	20	
Блок В (25) / Block B (25)	4	25	17,90	7,27	21,5	
Блок С (25) / Block C (25)	2	25	18,62	4,71	20	
Блок D (25) / Block D (25)	4	25	19,15	6,02	22	
Время реакции (среднее) / Reaction time (mean)						
Вся задача / All task	1,11	3,09	1,95	0,54	1,93	$\chi^2 = 4,59$, df = 3, p = 0,20
Блок А / Block A	0,97	4,37	1,98	0,76	1,91	
Блок В / Block B	0,68	4,84	2,01	0,88	1,88	
Блок С / Block C	1,02	4,54	2,03	0,75	1,82	
Блок D / Block D	0,86	4,27	1,79	0,78	1,50	

Примечание: Min — минимум, Max — максимум, M — среднее значение, Med — медиана, SD — стандартное отклонение, df — степени свободы.

Note: Min — minimum, Max — maximum, M — mean, Med — median, SD — standard deviation, df — degrees of freedom.

Таблица 2 / Table 2

**Описательные статистики и результаты сравнений точности
и времени ответов у разных групп респондентов**
**Descriptive statistics and comparisons of accuracy and reaction times
between different experimental series**

Группа / Group	Серия / Series	Min	Max	M	SD	Med	Критерий Краскелла-Уоллиса / Kruskall-Wallis test
<i>Правильные ответы (сумма) / Correct answers (sum)</i>							
Вся задача / All task	1	43	94	78,31	16,02	83,00	$\chi^2 = 11,17$, $df = 3$, $p = 0,01$ Значимые различия / Significant differences: 1 & 4 ($p = 0,02$), 2 & 3 ($p = 0,007$), 3 & 4 ($p = 0,001$)
	2	44	94	69,23	16,33	71,00	
	3	54	96	84,23	12,48	88,00	
	4	43	90	65,15	15,72	60,00	



Группа / Group	Серия / Series	Min	Max	M	SD	Med	Критерий Краскелла-Уоллиса / Kruskal-Wallis test
Блок А / Block A	1	6	24	17,62	6,24	20,00	$\chi^2 = 3,17$, df = 3, p = 0,37
	2	4	25	17,92	7,20	20,00	
	3	12	25	21,08	3,90	22,00	
	4	3	25	17,62	5,99	19,00	
Блок В / Block B	1	7	25	19,62	7,03	23,00	$\chi^2 = 16,31$, df = 3, p < 0,001 Значимые различия / Significant differences: 1 & 2 (p = 0,001), 2 & 3 (p < 0,001), 2 & 4 (p = 0,008)
	2	4	22	11,46	6,05	10,00	
	3	18	25	22,85	2,38	23,00	
	4	6	25	17,69	7,63	22,00	
Блок С / Block C	1	9	25	19,69	4,48	21,00	$\chi^2 = 5,08$, df = 3, p = 0,17
	2	14	23	20,00	3,14	21,00	
	3	2	25	18,00	6,12	19,00	
	4	7	23	16,77	4,40	18,00	
Блок D / Block D	1	12	25	21,38	4,57	23,00	$\chi^2 = 18.314$, df = 3, p < 0,001 Значимые различия / Significant differences: 1 & 4 (p < 0,001), 2 & 4 (p = 0,003), 3 & 4 (p < 0,001)
	2	4	25	19,85	6,00	22,00	
	3	13	25	22,31	3,71	24,00	
	4	6	23	13,08	5,16	12,00	
Время реакции / Reaction time							
Вся задача / All task	1	1,20	2,94	1,93	0,55	1,85	$\chi^2 = 1,13$, df = 3, p = 0,77
	2	1,11	2,75	2,06	0,48	2,06	
	3	1,14	2,90	1,91	0,65	1,67	
	4	1,23	3,09	1,91	0,52	1,76	
Блок А / Block A	1	0,97	4,37	2,29	0,94	2,20	$\chi^2 = 2,13$, df = 3, p = 0,55
	2	0,98	3,73	1,99	0,79	1,85	
	3	1,13	3,15	1,89	0,64	2,02	
	4	1,04	3,25	1,77	0,61	1,71	
Блок В / Block B	1	1,07	3,90	1,94	0,79	1,88	$\chi^2 = 10,23$, df = 3, p = 0,02 Значимые различия / Significant differences: 1 & 2 (p = 0,02), 2 & 3 (p = 0,02), 2 & 4 (p = 0,001)
	2	1,22	4,84	2,72	1,07	2,58	
	3	0,96	3,02	1,84	0,66	2,05	
	4	0,68	2,69	1,54	0,50	1,40	
Блок С / Block C	1	1,13	3,53	2,00	0,73	1,66	$\chi^2 = 1,93$, df = 3, p = 0,59
	2	1,02	2,63	2,01	0,52	2,13	
	3	1,14	4,54	2,29	1,07	1,91	
	4	1,14	3,02	1,82	0,59	1,51	
Блок D / Block D	1	1,19	2,34	1,50	0,36	1,34	$\chi^2 = 15,88$, df = 3, p = 0,001 Значимые различия / Significant differences: 1 & 4 (p = 0,002), 2 & 4 (p = 0,001), 3 & 4 (p < 0,001)
	2	1,14	2,35	1,53	0,40	1,42	
	3	0,86	3,71	1,63	0,89	1,22	
	4	1,48	4,27	2,49	0,90	2,08	

Примечание: Min — минимум, Max — максимум, M — среднее значение, Med — медиана, SD — стандартное отклонение.

Note: Min — minimum, Max — maximum, M — mean, Med — median, SD — standard deviation, df — degrees of freedom.



Связь точности выполнения задачи в разных условиях с модальностями восприятия и яркостью образной сферы. Корреляционный анализ выявил значимые связи между яркостью слуховых образов и суммарной точностью ответов в непространственном звуковом условии ($r = 0,30$, $p = 0,03$) и в условии D ($r = 0,34$, $p = 0,01$); между яркостью эмоциональных образов и точностью ответов в условии D ($r = -0,30$, $p = 0,03$); между предпочтением зрительной информации и скоростью ответов в пространственной задаче ($r = 0,30$, $p = 0,03$). Однако после применения поправки на множественную проверку гипотез все эти связи стали незначимыми.

Вклад типа слухового интерфейса и типа задания в точность и время ответа в пробе. Для определения вклада типа слухового интерфейса и типа задания в точность и время ответа в каждой пробе были построены модели смешанных эффектов, учитывающие фиксированные и случайные эффекты. В качестве фиксированных эффектов в обе модели вводились:

- тип слухового интерфейса, тип задания и взаимодействие между ними;
- порядковый номер блока в эксперименте и пробы в блоке (для контроля эффектов последовательности, на которые указал анализ различий между разными экспериментальными сериями);
- дополнительные переменные: коэффициент громкости звука и яркость слуховых образов.

В качестве случайного эффекта указывался идентификационный номер респондента. Из модели времени реакции были исключены данные, представлявшие выбросы из распределения (время реакции больше 3 секунд).

Результаты проверки моделей представлены в табл. 3. Тип звука и номер блока вносили значимый вклад в оба показателя. Тип задания, номер пробы и громкость звука — только во время реакции, а взаимодействие типа звука и задания оказалось значимым предиктором только точности ответа.

Таким образом, ответ давался более точно в блоках, следующих за первым ($b = 0,37$), и при использовании «конгруэнтной» стратегии сонификации, когда пространственные звуки сочетались с пространственным заданием ($b = 0,36$). Пространственная сонификация в непространственном задании ухудшала точность ответа ($b = -0,32$).

В «неконгруэнтных» пробах (пространственный звук и непространственное задание и наоборот) ответ давался медленнее ($b = 0,14$ для пространственного условия, $b = 0,19$ для непространственного). Взаимодействие условий здесь было незначимо и близко к нулю, т. е. сочетание пространственной сонификации и задания не отличалось значимо от непространственной сонификации и задания. При этом отчет давался быстрее в более поздних пробах в блоке ($b = -0,12$), в более поздних блоках в эксперименте ($b = -0,14$) и при большей громкости звука ($b = -0,07$).

Таблица 3 / Table 3

**Результаты моделей смешанных эффектов для точности ответа
и времени реакции в пробах**
Mixed effects models for accuracy and time reaction in experiment trials

Фиксированные эффекты / Fixed effects	b	95% CI	SE	z / t	p
<i>Логистическая модель — точность ответа / Logistic regression model for accuracy</i>					
Точка пересечения с y (intercept) / Intercept	1,45	[1,16, 1,75]	0,15	9,67	<0,001



Фиксированные эффекты / Fixed effects	b	95% CI	SE	z / t	p
Тип звука (пространственный) / Sound interface (spatial)	-0,32	[-0,52, -0,13]	0,10	-3,24	0,003
Тип задания (пространственное) / Task (spatial)	-0,16	[-0,36, 0,03]	0,10	-1,66	0,129
Звук × Задание (пространственные) / Sound interface × Task (spatial)	0,36	[0,08, 0,63]	0,14	2,56	0,020
Номер пробы / Trial number	0,00	[-0,06, 0,07]	0,03	0,12	0,907
Номер блока / Block number	0,37	[0,30, 0,44]	0,04	10,60	< 0,001
Яркость звуковых образов / Vividness of sound imagery	0,23	[-0,03, 0,50]	0,14	1,72	0,129
Громкость звука / Volume	-0,01	[-0,14, 0,12]	0,07	-0,14	0,907
<i>Линейная модель — время реакции (стандартизированное) / Linear regression model for standardized reaction time</i>					
Точка пересечения с y (intercept) / Intercept	-0,12	[-0,23, 0,00]	0,06	-1,91	0,075
Тип звука (пространственный) / Sound interface (spatial)	0,14	[0,06, 0,21]	0,04	3,47	0,002
Тип задания (пространственное) / Task (spatial)	0,19	[0,11, 0,26]	0,04	4,91	<0,001
Звук × Задание (пространственные) Sound interface × Task (spatial)	-0,04	[-0,14, 0,07]	0,05	-0,65	0,510
Номер пробы / Trial number	-0,12	[-0,15, -0,10]	0,01	-8,91	<0,001
Номер блока / Block number	-0,14	[-0,16, -0,11]	0,01	-9,95	<0,001
Яркость звуковых образов / Vividness of sound imagery	-0,04	[-0,15, 0,07]	0,06	-0,664	0,510
Громкость звука / Volume	-0,07	[-0,12, -0,02]	0,03	-2,83	0,008

Примечание: b — стандартизированные регрессионные коэффициенты, 95% CI — доверительный интервал, SE — стандартная ошибка; для логистической модели приводятся значения z, для линейной — значения t.

Note: b — standardized regression coefficients, 95% CI — confidence interval, SE — standard error; z statistics are displayed for the logistic model, and t statistics for the linear model.

Вклад конкретных звуков в точность и время ответа в пробе. Для более подробного анализа причин затруднений в блоках разного типа мы рассмотрели вклад типа звука в показатель правильных ответов. Были построены две модели — отдельно для каждого типа слухового интерфейса (табл. 4). В них использовались те же случайные и фиксированные эффекты, что и в предыдущих моделях, но переменная «тип сонификации» заменялась на «тип звука».

Для пространственных звуков было показано, что в непространственном задании все шумы, кроме того, который подавался на левое ухо (в условном положении 0°), снижали вероятность правильного ответа. В пространственном задании вероятность правильного ответа снижалась для шума, подающегося на левое ухо (точка пересечения с шкалой орди-



нат — 2,29; значимый эффект типа задания — $b = -0,71$; т. е., эффект для шума в позиции 0° — 1,58), по сравнению с непространственным заданием, но не менялась для шума, подающегося в позиции 135° , и повышалась для остальных шумов (подающегося в позиции 180° , 90° и 45°). Таким образом, в непространственном задании лучше всего распознавался звук, связанный с кнопкой «запуска аккумулятора», а в пространственном — звуки, связанные с крайними стрелками влево, вправо и прямо.

Для непространственных звуков в непространственной задаче вероятность правильного ответа для тона 440 Гц не отличалась значимо от тона 110 Гц. В пространственной задаче она не изменялась для тона 110 и 220 Гц (нет значимого эффекта у переменной «тип задания» и у взаимодействия типа задания и тона 220), повышалась для тона 1760 Гц и снижалась для остальных тонов — 440 и 880 Гц. Так же, как и в случае с пространственными звуками, в непространственном задании лучше всего связывалась с соответствующим звуком (самый низкий, 220 Гц) кнопка «запуска аккумулятора», а в пространственном лучше всего различались звуки, соответствующие стрелкам влево и вправо.

Эффект последовательности блоков был значимым в обеих моделях. В модели с непространственными звуками был также значим эффект яркости слуховых образов, вносящей положительный вклад в вероятность правильного ответа.

Таблица 4 / Table 4

Результаты смешанных моделей для вклада конкретных звуков в точность ответа
Mixed effects models for the input of specific sounds in response accuracy

Фиксированные эффекты / Fixed effects	b	95% CI	SE	z	p
<i>Логистическая модель — точность ответа (пространственные звуки) / Logistic regression model for accuracy (spatial sounds)</i>					
Точка пересечения с y (intercept) / Intercept	2,29	[1,76, 2,81]	0,27	8,54	<0,001
Тип задания (пространственное) / Task (spatial)	-0,71	[-1,21, -0,21]	0,25	-2,79	0,007
Шум 45° / Noise 45°	-1,62	[-2,10, -1,14]	0,25	-6,60	<0,001
Шум 90° / Noise 90°	-1,05	[-1,54, -0,56]	0,25	-4,23	<0,001
Шум 135° / Noise 135°	-0,84	[-1,33, -0,35]	0,25	-3,35	0,002
Шум 180° / Noise 180°	-1,28	[-1,76, -0,79]	0,25	-5,17	<0,001
Номер пробы / Trial number	-0,05	[-0,15, 0,06]	0,05	-0,87	0,446
Номер блока / Block number	0,39	[0,25, 0,52]	0,07	5,62	<0,001
Яркость звуковых образов / Vividness of sound imagery	0,06	[-0,31, 0,43]	0,19	0,32	0,746
Громкость звука / Volume	0,21	[-0,16, 0,59]	0,19	1,12	0,337
Пространственное задание × Шум 45° / Spatial task × Noise 45°	1,08	[0,43, 1,73]	0,33	3,24	0,002
Пространственное задание × Шум 90° / Spatial task × Noise 90°	1,11	[0,44, 1,78]	0,34	3,24	0,002
Пространственное задание × Шум 135° / Spatial task × Noise 135°	0,23	[-0,43, 0,90]	0,34	0,69	0,526



Фиксированные эффекты / Fixed effects	b	95% CI	SE	z	p
Пространственное задание × Шум 180° / Spatial task × Noise 180°	1,83	[1,14, 2,52]	0,35	5,21	<0,001
<i>Логистическая модель — точность ответа (непространственные звуки) / Logistic regression model for accuracy (non-spatial sounds)</i>					
Точка пересечения с y (intercept) / Intercept	2,10	[1,64, 2,56]	0,24	8,87	<0,001
Тип задания (пространственное) / Task (spatial)	0,42	[-0,12, 0,96]	0,28	1,52	0,165
Тон 220 Гц / Tone 220 Hz	-1,36	[-1,83, -0,89]	0,24	-5,67	<0,001
Тон 440 Гц / Tone 440 Hz	-0,17	[-0,70, 0,35]	0,27	-0,65	0,517
Тон 880 Гц / Tone 880 Hz	-0,63	[-1,16, -0,11]	0,27	-2,35	0,033
Тон 1760 Гц / Tone 1760 Hz	-0,73	[-1,26, -0,21]	0,27	-2,73	0,013
Номер пробы / Trial number	0,05	[-0,05, 0,16]	0,05	1,06	0,312
Номер блока / Block number	0,29	[0,15, 0,42]	0,07	4,21	<0,001
Яркость звуковых образов / Vividness of sound imagery	0,39	[0,11, 0,66]	0,14	2,79	0,013
Громкость звука / Volume	-0,21	[-0,43, 0,01]	0,11	-1,89	0,083
Пространственное задание × Тон 220 Гц / Spatial task × Tone 220 Hz	-0,46	[-1,13, 0,21]	0,34	-1,35	0,206
Пространственное задание × Тон 440 Гц / Spatial task × Tone 440 Hz	-1,91	[-2,61, -1,20]	0,36	-5,33	<0,001
Пространственное задание × Тон 880 Гц / Spatial task × Tone 880 Hz	-0,97	[-1,66, -0,27]	0,35	-2,74	0,013
Пространственное задание × Тон 1760 Гц / Spatial task × Tone 1760 Hz	0,88	[0,11, 1,65]	0,39	2,23	0,040

Примечание: b — стандартизированные регрессионные коэффициенты, 95% CI — доверительный интервал, SE — стандартная ошибка.

Note: b — standardized regression coefficients, 95% CI — confidence interval, SE — standard error.

Обсуждение результатов

Тип слухового интерфейса и точность решения задачи. Хотя при сравнении сумм правильных ответов в блоках и среднего времени реакции значимых различий не было выявлено, на уровне отдельных проб был обнаружен вклад типа слухового интерфейса и его взаимодействия с типом задания в вероятность правильного ответа. При этом была показана большая вероятность правильного ответа в конгруэнтных условиях, когда пространственная задача сопровождается звуками с пространственной информацией (с разным балансом в левом и правом наушнике), а непространственная — звуками без пространственной информации (разной частоты).



Этот результат согласуется с исследованиями, где пространственная информация передавалась с помощью пространственных звуков. Так, Д. Блэк с соавторами передавали информацию о положении объекта (медицинской иглы) по оси x с помощью панорамирования, а по оси y — с помощью динамической частоты тона, и обнаружили, что точность ввода иглы в муляж не отличается от использования визуального интерфейса (Black et al., 2017). В другом исследовании (в области управления автомобилем) предупреждения о стороне, с которой едет другой автомобиль, подавались на соответствующее ухо; задание выполнялось более эффективно в условии слухового интерфейса (Houtenbos et al., 2017).

Эффекты последовательности. В экспериментальной задаче выявлялось несколько эффектов, связанных с последовательностью: внутри блоков по мере прохождения задания возрастала скорость реакции, а между блоками — и скорость, и вероятность правильного ответа. Этот эффект согласуется с предыдущими исследованиями эффекта научения при использовании слухового интерфейса для профессионально-специфичных целей, где было показано, что ассистенты с меньшим профессиональным опытом более медленно обучались выполнять задачу со слуховым интерфейсом по сравнению с визуальным (Matinfar et al., 2023).

Также непространственный тип задачи (с непространственным расположением кнопок на графическом интерфейсе) вызывал значимо большие затруднения, если этот блок шел первым в эксперименте. Учитывая, что пространственное положение кнопок в этом блоке намеренно не соответствовало «шкале», по которой выстраивались звуки (слева-направо для шумов, «снизу-вверх» для тонов), оно могло вызывать большие затруднения в понимании. Возможно, этот эффект можно будет нивелировать более длительной тренировкой с обратной связью в будущих исследованиях.

Вклад звука в точность ответов в разных типах задачи. Звуки, использующиеся в задании, по-разному связывались с различными элементами интерфейса в зависимости от условия задания — пространственного или непространственного. Так, в непространственном задании было больше ошибок для кнопок «вентилятора» и «пропуска» вне зависимости от используемых звуков; шум в левом ухе и самый низкий тон одинаково хорошо связывались с кнопкой «запуска аккумулятора» (тоже самой левой). Таким образом, можно предположить, что часть ошибок в непространственной задаче была связана с попыткой участников исследования применить стратегию ориентировки на пространственное положение кнопок и их соотнесение со звуковыми шкалами.

В пространственной задаче лучше всего различались «крайние» звуки на шкале, связанные со стрелками влево и вправо. Звуки, связанные с позицией 45° и 135°, вне зависимости от используемого типа слухового интерфейса, различались хуже. Однако звук, соответствующий стрелке «прямо», распознавался по-разному, и лучше распознавался именно в случае пространственного интерфейса.

Связи с индивидуальными особенностями восприятия звука. Хотя связи между яркостью слуховых образов и показателями эффективности выполнения задания не были значимыми после поправки на множественную проверку гипотез, этот показатель вносил значимый вклад в точность ответов в непространственном задании. Можно предположить, что для лучшего запоминания тонов участникам исследования нужно было мысленно их представлять. Предыдущие исследования, в которых участникам давалось задание представить себе единичный тон или последовательность тонов и их мысленный образ сравнивался с эталонным звуком, показывают, что яркость образов может как помогать, так и мешать правильному воспроизведению высоты тона (Gelding, Thompson, Johnson, 2015; Hubbard,



2010). Интересно, что со звуками шума яркость слуховых образов связана не была, что может указывать на то, что их сложнее запомнить и представить себе.

Ограничения исследования и дальнейшие направления. Основное ограничение исследования заключается в том, что в нем была представлена ситуация, не являющаяся экологически валидной или связанной с конкретной предметной областью (т.е. задание не имитировало в достаточной степени близости существующие сложные системы — например, автомобиль или самолет). Также не контролировалось, был ли у респондентов абсолютный слух, что могло бы позволить им лучше различать и запоминать звуки в непространственном интерфейсе. Не измерялись когнитивные способности респондентов, связанные со слуховым восприятием (например, слуховая рабочая память).

Однако в исследовании были получены новые результаты, сравнивающие разные типы интерфейсов (пространственный и параметрический). Несмотря на большую распространенность этих типов интерфейсов, особенно в случае параметрической сонификации с помощью изменяющейся частоты звука, их сравнение еще не проводилось. Было показано, что, при высокой средней точности ответов для всех типов задач, в вероятность конкретного правильного ответа вносило вклад соотношение между типом слухового интерфейса и той информацией, для которой он строился; преимущество было у конгруэнтных задач. Также были получены новые результаты, показывающие, что индивидуальная вариативность в обработке слуховой информации может вносить вклад в поведение пользователей слуховых интерфейсов.

В дальнейшем предполагается провести исследование с использованием других типов звуков и контролем когнитивных способностей респондентов и их способности к различению разных характеристик звука. Большая экологическая валидность может быть достигнута за счет создания звуков с определенным предметным содержанием (в отличие от неперспективных синтезированных звуков, с которыми большинство людей имеет мало опыта работы) и их пространственной обработки для задействования способности к локализации звука в пространстве (Носуленко, 2020). Перспективным направлением является создание экологически валидных интерфейсов и их тестирование в условиях, более приближенных к реальной деятельности, в том числе в разных профессиональных группах.

Выводы

1. Характеристики слухового интерфейса и типа задачи вносят значимый вклад в эффективность выполнения задачи: взаимодействие типа слухового интерфейса и типа задачи вносит вклад в точность ответа, тип слухового интерфейса и тип задания вносят независимый вклад во время реакции.
2. В задании наблюдаются эффекты последовательности: по мере выполнения задания улучшается точность ответов и время реакции.
3. Яркость слуховых образов вносит вклад в эффективность выполнения задания в условиях непространственного слухового интерфейса.

Список источников / References

1. Бандурка, Т.Н. (2005). *Полимодальность восприятия в обучении. Как раздвинуть границы познания.* Иркутск: Оттиск.
Bandurka, T.N. (2005). *Multimodality of perception in education. How to broaden the horizons of learning.* Irkutsk: Ottisk. (In Russ.).
2. Носуленко, В.Н. (2020). Звук в интерфейсах взаимодействия человека и техники. В: В.И. Панов (Ред.), *Экопсихологические исследования — 6: экология детства и психология устойчивого развития*



- (с. 155—159). М.: ФГБНУ «Психологический институт РАО»; Курск: Университетская книга, 2020. <https://doi.org/10.24411/9999-044A-2020-00035>
- Nosulenko, V.N. (2020). Sound in human-machine interfaces. In: V.I. Panov (Ed.), *Eco-psychological studies — 6: ecology of childhood and psychology of stable development* (pp. 155—159). Moscow: FGBNU “Psikhologicheskii institut RAO”; Kursk: Universitetskaya kniga, 2020. <https://doi.org/10.24411/9999-044A-2020-00035>
3. Разваляева, А.Ю. (2024a). Адаптация Плимутского опросника сенсорных образов на российской выборке. *Экспериментальная психология*, 17(3), 144—157. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170310>
 - Razvaliaeva, A.Yu. (2024a). Validating the Plymouth Sensory Imagery Questionnaire in the Russian Sample. *Experimental Psychology (Russia)*, 17(3), 144—157. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170310>
 4. Разваляева, А.Ю. (2024б). Сонификация для управления пространственным положением объекта: систематический обзор. *Познание и переживание*, 5(2), 86—109. https://doi.org/10.51217/cogexp_2024_05_02_04
 - Razvaliaeva, A.Yu. (2024b). Systematic review of sonification for controlling an object’s position in space. *Cognition and Experience*, 5(2), 86—109. (In Russ.). https://doi.org/10.51217/cogexp_2024_05_02_04
 5. Разваляева, А.Ю. (2025). Субъективные оценки, роль музыкального обучения и воспринимаемое качество слуховых интерфейсов в экспериментальной задаче. *Экспериментальная психология*, 18(4), 122—135. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180407>
 - Razvaliaeva, A.Yu. (2025). Subjective ratings, musical training and the perceived quality of auditory interfaces in an experimental task. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(4), 122—135. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2025180407>
 6. Разваляева, А.Ю., Носуленко, В.Н. (2023). Пространственная локализация цифрового звука в научном эксперименте и практике. *Экспериментальная психология*, 16(2), 20—35. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2023160202>
 - Razvaliaeva, A.Yu., Nosulenko, V.N. (2023). Spatial Localization of Digital Sound in Scientific Experiment and Practice. *Experimental Psychology (Russia)*, 16(2), 20—35. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2023160202>
 7. Andrade, J., May, J., Deeprose, C., Baugh, S.J., Ganis, G. (2014). Assessing vividness of mental imagery: the Plymouth Sensory Imagery Questionnaire. *British Journal of Psychology*, 105(4), 547—563. <https://doi.org/10.1111/bjop.12050>
 8. Bălan, O., Moldoveanu, A., Moldoveanu, F., Morar, A., Ivaşcu, S. (2017). Perceptual feedback training for improving spatial acuity and resolving front-back confusion errors in virtual auditory environments. In: 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP) (Barcelona, Spain, 5—7 July 2017) (pp. 334—337). Brno: Brno University of Technology. <https://doi.org/10.1109/TSP.2017.8075999>
 9. Baldwin, C.L. (2012). *Auditory Cognition and Human Performance: Research and Applications*. Boca Raton, FL: CRC Press.
 10. Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1—48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
 11. Ben-Shachar, M., Lüdtke, D., Makowski, D. (2020). effectsize: Estimation of Effect Size Indices and Standardized Parameters. *Journal of Open Source Software*, 5(56), 2815. <https://doi.org/10.21105/joss.02815>
 12. Black, D., Hettig, J., Luz, M., Hansen, C., Kikinis, R., Hahn, H. (2017). Auditory feedback to support image-guided medical needle placement. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 12(9), 1655—1663. <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1537-1>
 13. Couture-Beil, A. (2024). *rjson: JSON for R. R package version 0.2.23*. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=rjson> (viewed: 01.02.2025).
 14. de Leeuw, J.R., Gilbert, R.A., Luchterhandt, B. (2023). jsPsych: Enabling an open-source collaborative ecosystem of behavioral experiments. *Journal of Open Source Software*, 8(85), 5351. <https://doi.org/10.21105/joss.05351>
 15. Dubus, G., Bresin, R. (2013). A systematic review of mapping strategies for the sonification of physical quantities. *PloS One*, 8(12), e82491. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082491>



16. Gelding, R.W., Thompson, W.F., Johnson, B.W. (2015). The Pitch Imagery Arrow Task: Effects of Musical Training, Vividness, and Mental Control. *PLoS One*, 10(3), e0121809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121809>
17. Guerra, J., Smith, L., Vicinanza, D., Stubbs, B., Veronese, N., Williams, G. (2020). The use of sonification for physiotherapy in human movement tasks: A scoping review. *Science & Sports*, 35(3), 119—129. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2019.12.004>
18. Houtenbos, M., de Winter, J.C., Hale, A.R., Wieringa, P.A., Hagenzieker, M.P. (2017). Concurrent audio-visual feedback for supporting drivers at intersections: A study using two linked driving simulators. *Applied Ergonomics*, 60, 30—42.
19. Hubbard, T.L. (2010). Auditory imagery: Empirical findings. *Psychological Bulletin*, 136(2), 302—329. <https://doi.org/10.1037/a0018436>
20. Matinfar, S., Salehi, M., Suter, D., Seibold, M., Dehghani, S., Navab, N., Wanivenhaus F., Fürnstahl P., Farshad M., Navab, N. (2023). Sonification as a reliable alternative to conventional visual surgical navigation. *Scientific Reports*, 13(1), 5930.
21. Parsehian, G., Gondre, C., Aramaki, M., Ystad, S., Kronland-Martinet, R. (2016). Comparison and evaluation of sonification strategies for guidance tasks. *IEEE Transactions on Multimedia*, 18(4), 674—686.
22. Peirce, J.W., Hirst, R.J. MacAskill, M.R. (2022). *Building Experiments in PsychoPy*. 2nd Ed. London: Sage.
23. Peres, S.C., Best, V., Brock, D., Frauenberger, C., Hermann, T., Neuhoff, J.G., Nickerson, L.V., Shinn-Cunningham, B., Stockman, T. (2008). Auditory interfaces. In: P. Kortum (Ed.), *HCI beyond the GUI: design for haptic, speech, olfactory, and other nontraditional interfaces* (pp. 147—196). Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374017-5.00005-5>
24. R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/> (viewed: 01.02.2025).
25. Revelle, W. (2024). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. Northwestern University, Evanston, Illinois. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=psych> (viewed: 01.02.2025).
26. Walker, B.N. (2023). The past, present, and promise of sonification. *Arbor*, 199(810), a728. <https://doi.org/10.3989/arbor.2023.810008>

Информация об авторе

Анна Юрьевна Развальева, кандидат психологических наук, научный сотрудник лаборатории психологии познавательных процессов и математической психологии, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2046-3411>, e-mail: annraz@rambler.ru

Information about the author

Anna Yu. Razvaliaeva, Ph.D. (Psychology), Researcher, Laboratory of Cognitive Processes and Mathematical Psychology, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2046-3411>, e-mail: annraz@rambler.ru

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Декларация об этике

Информированное согласие на участие в этом исследовании было предоставлено респондентами.

Ethics statement

Informed consent for participation in this study was obtained from the participants.

Поступила в редакцию 16.05.2025

Поступила после рецензирования 17.09.2025

Принята к публикации 17.09.2025

Опубликована 30.06.2026

Received 2025.05.16

Revised 2025.09.17

Accepted 2025.09.17

Published 2026.06.30