

Полина Алексеевна Столбова –
преподаватель факультета аудиовизуальных искусств
Российский государственный институт сценических искусств
(Россия, Санкт-Петербург)
stolbova.2001@mail.ru

Polina A. Stolbova –
Lecturer at the Faculty of Audiovisual Arts
Russian State Institute of Performing Arts
(Russia, St. Petersburg)
stolbova.2001@mail.ru
ORCID: 0009-0007-9138-8336

УДК: 78

DOI:10.61908/2413-0486.2025.42.2.100-114

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗВУКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ В ВЫСТАВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация

Искусственный звуковой ландшафт представляет собой виртуальную среду, созданную с применением алгоритмов и математических моделей для формирования звукового пространства. Такой подход позволяет разрабатывать уникальные, динамически изменяющиеся саундтреки, адаптирующиеся к происходящему как в виртуальной, так и в реальной среде. К примеру, звуковое оформление игры, фильма или выставки может формироваться с использованием генеративных моделей.

В данной статье рассматривается возможность интеграции системы процедурного искусственного звукового ландшафта в организацию выставочных пространств. Такой метод позволяет создавать многослойную, постоянно развивающуюся аудиосреду, обеспечивая естественное и уникальное звучание, а также последовательное и органичное раскрытие художественной идеи.

Ключевые слова: искусственный звуковой ландшафт, выставка, звуковое оформление, генеративная модель, звуковое пространство

APPLICATIONS OF GENERATIVE MODELS FOR CREATING SOUNDSCAPES IN EXHIBITION ACTIVITIES

Abstract

An artificial soundscape is an environment for the existence of sound in a virtual space, created using algorithms and mathematical formulas. This approach enables the development of unique, dynamically evolving soundtracks that adapt to events in both virtual and physical environments. For example, the virtual space of a game, movie, or exhibition can be created using a generative model.

The article considers the prospect of introducing a system of procedural artificial soundscape into the exhibition organization system. This model provides a diverse, constantly evolving and updating audio space, which provides a unique, more natural sound and coherent unfolding of artistic concepts.

Keywords: artificial soundscape; exhibition; sound design; generative model; sound space

Звуковой ландшафт – это совокупность звуков, возникающих в окружающей среде или формируемых в иммерсивных пространствах, создающих эффект полного погружения. Он представляет собой систему звуковых элементов, включающую как естественные природные звуки, так и те, что генерируются человеком и технологиями. Звуковой ландшафт становится неотъемлемой частью культурного пространства, отражая его специфику через аудиальное восприятие. Термин был первоначально придуман М. Саутвортом [13] и популяризирован Р. М. Шефером [10].

Для Шефера звуковой ландшафт – это звуковая среда, «любая акустическая область изучения» [10, р. 4] от физических пространств до записей. На практике он использовал звуковой ландшафт как общую социальную концепцию для описания поля звуков (и возможностей для звука) в определённом месте или целой культуре, «общую оценку звуковой среды» [там же].

Звуковые ландшафты и звуковые коллажи способны создавать сильное чувство времени, места и контекста, что было задокументировано в аналитических работах музыкантов [15], теоретиков [2] и антропологов [5].

Звуковые коллажи реального мира были захвачены и изучены, а также синтезированы для художественных целей [3].

Музыка обладает удивительной способностью переносить слушателей в насыщенные эмоциональные и атмосферные миры. В основе этого эффекта лежит звуковой ландшафт – звуковая среда, определяющая настроение и тональность композиции. Искусственный звуковой ландшафт представляет собой виртуальное звуковое пространство, созданное с использованием алгоритмов и математических моделей. Такой подход позволяет генерировать уникальные, динамичные саундтреки, которые могут адаптироваться к изменениям как в виртуальной, так и в реальной среде.

Ранее были предприняты попытки разработать вычислительные модели для генеративных звуковых ландшафтов. Тестируется роль дизайна звукового ландшафта в улучшении ощущения присутствия в виртуальной реальности [12]. Приводятся предварительные результаты, сравниваются реальные и виртуальные звуковые ландшафты. Также предлагается обзор существующих методик, организованный по лежащей в их основе технологии и исходному материалу, а также по видам звуков, для которых они считаются эффективными [8].

В работе А. Эйгенфельдта (A. Eigenfeldt) и П. Паскье (P. Pasquier) «Согласованное содержание: создание генеративного звукового ландшафта автономными музыкальными агентами в рамках проекта «ComingTogether: Freesound» [4] рассматривается система ComingTogether: Freesound, в которой четыре автономных искусственных агента выбирают звуки из большой, предварительно проанализированной базы данных записей звуковых ландшафтов на основе их спектрального содержания и тегов метаданных.

Результаты исследования Н. Финни (N. Finney) [6] демонстрируют применимость принципов проектирования к автономному двигателю генерации, одновременно подчёркивая некоторые проблемы реализации автоном-

ной функциональности, связанные с параметризацией поиска, сегментации и синтеза.

В работе Д. Шварца (D. Schwarz) [11] представлен обзор методов анализа, используемых для синтеза звуковой текстуры, таких как сегментация, статистическое моделирование, тембральный анализ и моделирование переходов.

Итак, рассмотренные подходы демонстрируют разнообразие методов и инструментов для создания искусственных звуковых сред. Эти методы основаны на генерации звукового оформления с использованием базы данных аудиофайлов. Особое внимание уделяется процессу интеграции звуков в систему и их адаптации к изменяющимся условиям.

Создание звуковых ландшафтов – это искусство, которое объединяет музыку и эмоции. Осваивая такие техники, как наложение слоёв, пространственный дизайн и тематическая интеграция, специалист получает возможность создавать захватывающие звуковые среды, которые погружают слушателей в увлекательные, многослойные и глубокие миры. Теперь рассмотрим два варианта генерации музыки или звуков в проекте «Генеративное и процедурное аудио».

Генеративное аудио включает создание звуков с использованием алгоритмов и математических моделей. Этот подход позволяет создавать уникальные и динамичные саундтреки, которые адаптируются к изменениям условий. Понимание преимуществ и недостатков каждого метода даёт возможность разрабатывать более динамичные и адаптивные аудиосистемы, которые улучшат общий виртуальный опыт. Включение процедурного звука может открывать новые возможности для творческого самовыражения и вовлечения пользователей в процесс.

Одним из востребованных инструментов генерации звуков может быть процедурное аудио: «...это звук как процесс, в отличие от звука как продукта. Процедурное аудио – это нелинейный, часто синтетический звук, создава-

емый в реальном времени в соответствии с набором программных правил и живым вводом» [7].

Используя процедурное аудио, звукорежиссёры могут создавать тщательно интегрированные звуковые ландшафты, которые адаптируются к действиям зрителя и меняющимся условиям среды, предоставляя правдоподобный и динамичный опыт.

Предварительно записанные сэмплы, в свою очередь, захватывают тонкие детали и природные характеристики звуков, обеспечивая высочайшее качество воспроизведения и точность звуковых эффектов.

«Процедурный звуковой дизайн – это звуковой дизайн как система, алгоритм или процедура, которая перестраивает, объединяет или манипулирует звуковыми активами таким образом, чтобы они могли: производить большее разнообразие результатов (вариативный или неповторяющийся дизайн); быть более восприимчивым к взаимодействию (параметризация). Этот подход к звуковому дизайну существует в спектре от процедурного звукового дизайна, где мы, как правило, манипулируем уже существующими активами» [14].

Процедурный звук можно описать как процесс генерации звука в реальном времени, основанный на программных алгоритмах и живом вводе, что делает его особенно полезным в таких областях, как видеоигры, виртуальная реальность и интерактивные аудиовизуальные инсталляции.

Преимущества процедурного аудио включают:

1. Большое разнообразие звуков. Процедурный звук способен генерировать широкий диапазон звуков, что позволяет создавать уникальные и динамичные аудиопейзажи;
2. Снижение объёма памяти. Поскольку звуки генерируются в реальном времени, отпадает необходимость в хранении больших объёмов аудиофайлов, что экономит ресурсы;
3. Динамичность звука. Процедурный звук может изменяться в зависимости от ситуации или среды, обеспечивая высокую адаптивность;

4. Адаптивность музыки. Музыка и звуковое оформление могут изменяться в зависимости от состояния или взаимодействия пользователей, создавая уникальные аудиовпечатления.

Однако реализация процедурного звука может быть сложной и требовать глубоких знаний в области программирования звука и алгоритмов.

Также использование таких технологий может потребовать значительных вычислительных мощностей, что может повлиять на общую производительность системы.

В качестве примеров успешной реализации процедурного аудио можно привести некоторые проекты. Например, музейное бюро «Planet9»[1] подготовило выставки «Первая позиция: русский балет», «Балабанов», «Панк-культура. Король и Шут». Во время осмотра зрители ходят в наушниках по залам. При перемещении из одной точки в другую в наушниках может измениться звук.

Процедурный звук и генеративное аудио становятся мощными инструментами, способными значительно улучшить игровой опыт, создавая более захватывающую и интерактивную среду. Понимание преимуществ и возможных сложностей этих технологий позволяет разрабатывать динамичные и адаптивные аудиосистемы, которые значительно обогатят общий опыт пользователей. Включение процедурного звука в проект открывает новые горизонты для творческого самовыражения и вовлечения игроков.

Генерация воображаемых звуковых ландшафтов представляет собой эффективный метод создания аудиальной среды в виртуальной реальности. Эта система может быть использована для создания звуковых элементов окружающей среды, которые помогают пользователю интуитивно ориентироваться в виртуальном пространстве. С помощью звуковых маркеров, поведение которых будет соответствовать реальным физическим законам, пользователи смогут естественно перемещаться в новой или незнакомой среде,

что значительно улучшит опыт взаимодействия с искусственно созданным пространством.

Использование звуковых ландшафтов позволяет дать более полное впечатление об эпохе, выдающемся деятеле, представить звуковые образы прошлого. Например, бюро «Planet9» использует не акустическую систему в залах, а наушники. Так, можно говорить о человекоориентированном подходе: каждый посетитель получает возможность самостоятельно определять, сколько будет длиться звуковое оформление определенной локации.

Концепция искусственного звукового ландшафта расширяет понимание саундтреков в различных медиаформах, таких как фильмы, игры, спектакли, выставки и подкасты. Звуковой ландшафт не просто служит фоном для сцен или действий, а представляет собой сложное и гармоничное сочетание диалогов, музыки и звуковых эффектов, которые вместе создают атмосферу и усиливают впечатления зрителей. Это гораздо больше, чем просто набор звуковых эффектов; речь идёт о создании целого мира, формируемого звуком, который развивается и наполняет пространство, как визуальная сцена, но воспринимаемая через слух.

Можно представить выставку в галерее. Несколько залов должны иметь разное акустическое оформление. Зрители перемещаются по этим залам, и тип звука, подаваемого в каждый из них, меняется в зависимости от того, где они находятся.

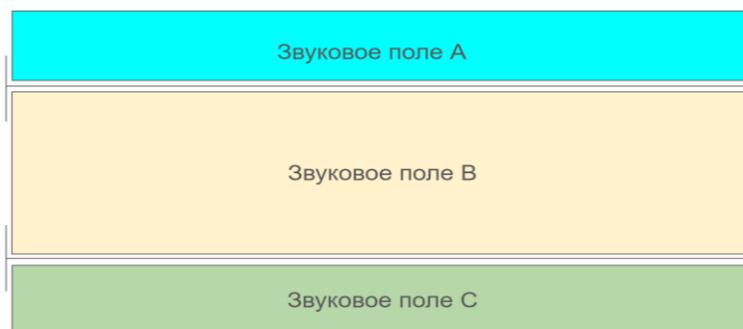
Например, зал А может звучать по одному, зал В и С – по-другому, но все они связаны общей темой выставки. Важно, чтобы звуковые ландшафты каждого зала гармонично взаимодействовали друг с другом, а изменения звука в зависимости от местоположения зрителя обеспечивали динамичное и плавное восприятие.

Такой подход требует тщательного планирования и организации звуковых элементов, которые должны развиваться и меняться во времени, создавая уникальные «диалоги» между звуковыми концепциями. Этот процесс позво-

ляет каждому звуковому ландшафту иметь свой момент, когда он может стать более выраженным или утихнуть, формируя тем самым интересные контрасты и поддерживая атмосферу выставки (таблица № 1).

Таблица 1

Звуковые пространства выставки



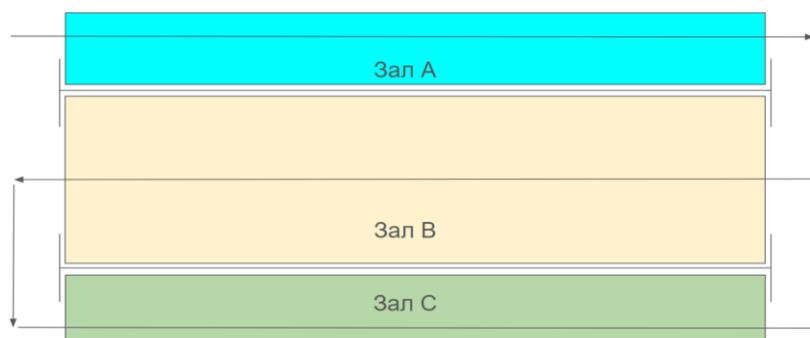
На раннем этапе необходимо установить как иерархию типологий подачи звука, так и тщательно спроектировать темп и последовательность многочисленных различных источников звука и музыки, представленных в галереях, чтобы избежать какофонии.

Звук и музыка в основных галереях должны иметь последовательную хореографию и структурную форму с течением времени, что позволяло бы посетителям взаимодействовать со звуковым миром выставки и понимать повествование и содержание, которые она стремится выразить.

Любое решение должно успешно представить определенную широту и глубину звуковых миров, которые дополняют выставочное повествование и поддерживают кураторские устремления.

Таблица № 2

Маршрут: движение зрителя по залам



Доставка звука в рамках выставки должна включать легко дифференцируемую иерархию для посетителей, чтобы они могли понять, как «читать» и взаимодействовать со звуком на основе способа его доставки/трансляции в пространстве. Разделение способов доставки аудиоконтента также помогло бы смягчить звуковые коллизии.

Их можно обозначить следующим образом:

1. Опыт использования наушников: предлагается для всего документального повествовательного аудио/видеоконтента (например, устные истории, свидетельства, кинохроника/телевизионные кадры, коммерчески записанная и выпущенная музыка). Для обеспечения понимания устного/музыкального контента и для того, чтобы посетители могли взаимодействовать с контентом в удобное для них время, в удобном для них темпе и по их усмотрению;

2. Закрытые/полузакрытые локализованные аудиовпечатления, передаваемые через полунаправленные динамики сверху: для выделенных пространств «прерывания»;

3. Более крупные звуковые ландшафты, характерные для отдельных секций: воспроизводятся через полнодиапазонные аудиосистемы в каждой секции для контекстуализации каждой из трёх тем.

Сигнал, создаваемый в искусственном звуковом ландшафте, может продолжаться без ограничений по времени. В этом контексте возникает необходимость в подходах, которые могут либо повторять звук, либо непрерывно развивать его, используя случайность.

Для этого важно определить несколько критериев, которые должны быть учтены при реализации такого ландшафта:

1. Повторяемость – создание звука, который может циклично повторяться, обеспечивая стабильность и узнаваемость;

2. Разнообразие и уникальность – внедрение элементов случайности для изменения звуковой среды, чтобы она оставалась свежей и интересной;

3. Бесконечное существование и развитие – гарантирование того, что звук не закончится, а будет продолжать развиваться, меняясь и адаптируясь к окружающей среде.

Для обеспечения этих критериев могут быть использованы несколько инструментов и подходов:

1. Генератор случайных чисел – используется для внесения разнообразия в постоянно развивающийся ландшафт, учитывая практически бесконечный цикл существования. Это помогает создавать уникальные звуки или события, которые возникают случайным образом, избегая зацикливания и предсказуемости;

2. Продолжительность – важно внедрить параметры, которые обеспечат как повторяемость, так и бесконечное существование звуков. Эти параметры могут контролировать длительность отдельных звуковых элементов и их развитие с течением времени;

3. Звуки – база звуковых дорожек или коды аудиоэффектов. Элементы звуковых библиотек или синтезированные звуки становятся основой для формирования ландшафта, создавая звуковое разнообразие и интерес.

Реализация этих инструментов потребует использования программного обеспечения и технологий, которые будут интегрированы в модель создания и управления звуковыми ландшафтами. Эти технологии могут включать генеративные алгоритмы, базы данных с аудиофайлами, а также системы для обработки и адаптации звуков в реальном времени, что обеспечит уникальный и динамичный опыт для пользователей.

Модель может быть разработана при использовании Csound – вычислительной системы для обработки звука и музыки. Csound обладает большими возможностями в создании программ для воспроизведения аудиофайлов,

написания кодов, имитирующих при воспроизведении звучание музыкальных инструментов.

Есть ряд исследований, рассматривающих возможности разработки генеративной модели с помощью Csound. Например, в работе Г. Рогозинского утверждается, что Csound – один из лидеров в мире компьютерных музыкальных технологий [9]. В своём нынешнем состоянии Csound предлагает эффективную среду для звуковых экспериментов. Также упомянут эффективный способ работы с программой – использование интерфейса Csound «Cabbage». Инструменты и эффекты Cabbage можно легко экспортировать и запускать как отдельное программное обеспечение без необходимости использования хост-программы или DAW. Cabbage может работать как многоканальное программное обеспечение.

Изучение различных технологий реализации звуковых ландшафтов позволяет сделать несколько выводов:

1. Готовые треки могут быть удобны в реализации, так как они позволяют легко сохранить исходные параметры звуков, но при эксплуатации могут возникнуть проблемы. Например, для использования на другом устройстве помимо кода необходимо переносить и сам аудиофайл. Однако такая модель позволяет менять звук, не изменяя саму структуру композиции. Например, можно заменить звуки волн на ветер или шелест листьев, сохраняя тем самым общий контекст;

2. Генераторы на основе осцилляторов и шума предоставляют более универсальные возможности. Они могут работать в течение долгого времени, создавая ощущение постоянно меняющегося и развивающегося звукового пространства. В отличие от готового трека, в котором может возникнуть ощущение заикливания, использование таких генераторов позволяет избежать этого и обеспечить непрерывность звукового оформления;

3. Рандомизация способствует созданию практически бесконечной продолжительности с элементами случайности. Каждый момент времени

звуковой ландшафт будет уникальным, так как предыдущий точно не повторится, создавая тем самым естественное звучание. Элемент случайности помогает повысить органичность и живость звуковой среды, что особенно важно для искусственного звукового ландшафта.

Каждый из методов проектирования звуковых ландшафтов выполняет свою задачу. Это могут быть такие задачи, как создание ощущений заикливания или бесконечного воспроизведения, формирование предсказуемого паттерна или динамичного, уникального звукового развития, а также воссоздание реалистичного пейзажа или атмосферы виртуального мира. Важным моментом является выбор базы звуковых элементов: ландшафт может быть построен как на уникальных звуковых структурах, так и на уже существующих звуках, доступных в широком доступе.

Использование генеративных технологий позволяет автоматически адаптировать параметры звука к меняющимся условиям, обеспечивая динамическое изменение ландшафта.

Дальнейшее развитие этой технологии может включать расширение базы данных звуковых файлов, что откроет новые возможности для разнообразия и более детализированного оформления аудиального пространства. Однако текущие подходы могут быть недостаточно точными для создания высококачественных и проработанных звуковых ландшафтов.

Развитие технологий генерации звуковых ландшафтов, вероятно, позволит усовершенствовать модели и расширить функциональные возможности для создания разнообразных и эффективных звуковых оформлений в соответствии с конкретными целями и задачами.

Литература

1. Музейное бюро Planet9 : сайт. URL: <https://planet9.ru/> (дата обращения: 28.02.2025).
2. Bregman A. S. Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound. Cambridge, MA : The MIT Press, 1990. 790 p.

3. Dunn D. Music Language and Environment: Environmental Sound Works 1973–1985, Inno-va, 1996. URL: <https://www.daviddunn.com/~david/writings/mle.pdf> (дата обращения: 01.06.2025).
4. Eigenfeldt A., Pasquier P. Negotiated Content: Generative Soundscape Composition by Au-tonomous Musical Agents in Coming Together: Freesound. International Conference on In-novative Computing and Cloud Computing. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/228411309_Negotiated_Content_Generaive_Sound_scape_Composition_by_Autonomous_Musical_Agents_in_Coming_Together_Freesound (дата обращения: 01.06.2025).
5. Feld S. Sound and Sentiment: Birds, Weeping, Poetics, and Sound in Kaluli Expression. Uni-versity of Pennsylvania Press, Philadelphia, PA, 1982. 297 p.
6. Finney N. Autonomous Generation of Soundscapes using Unstructured Sound Data-bases. Master thesis upf. 2009. URL: <https://mtg.upf.edu/static/media/Finney-Nathan-Master-Thesis-2009.pdf> (дата обращения: 10.06.2025).
7. Fournel N. F. Procedural Audio for Video Games: Are we there yet? [Presentation]. 2017. URL: <https://www.gdcvault.com/play/1012645/Procedural-Audio-for-Video-Games> (дата обращения: 28.02.2025).
8. Misra A., Cook P. R. Toward Synthesized Environments: A Survey of Analysis and Synthe-sis Methods for Sound Designers and Composers. International Conference on Mathematics and Computing. 2009. URL: https://soundlab.cs.princeton.edu/publications/survey_icmc09.pdf (дата обращения: 01.06.2025).
9. Rogozinsky G. G., Cherny E., Osipenko I. Making Mainstream Synthesizers with Csound :Proceedings of the third international csound conference. St.Petersburg : The Bonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications, 2016, pp. 132–140.
10. Schafer R. Murray. The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World. Destiny Books Rochester, Vermont, 1977. 428 p.
11. Schwarz D. State of the Art in Sound Texture Synthesis. Proc. of the 14th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx–11), Paris, France, September 19–23, 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/256436927_State_of_the_Art_in_Sound_Texture_Synthesis (дата обращения: 01.06.2025).
12. Serafin S., Serafin G. Sound Design to Enhance Presence in Photorealistic Virtual Reality. International Conference on Auditory Display. Proceedings of ICAD 04 –Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6–9, 2004. URL: <https://scispace.com/pdf/sound-design-to-enhance-presence-in-photorealistic-virtual-12e5ra5v1c.pdf> (дата обращения: 01.06.2025).
13. Southworth M. The Sonic Environment of Cities. Environment and Behavior, 1969. 1 (1), pp. 49–70.
14. Stevens R. S., Raybould D. R. Game Audio Implementation A Practical Guide Using The Unreal Engine. Book edn. UK : Focal Press. 2016. 486 p.
15. Truax B. Acoustic Communication. 2nd ed. Norwood, NJ: Ablex, 2001. 284 p.

References

1. Planet9: Website. URL: <https://planet9.ru/> (28.02.2025). (In Russ.)
2. Bregman A. S. Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound. Cambridge, MA: The MIT Press, 1990. 790 p.
3. Dunn D. Music Language and Environment: Environmental Sound Works 1973–1985, Innova, 1996. URL: <https://www.daviddunn.com/~david/writings/mle.pdf> (01.06.2025).
4. Eigenfeldt A., Pasquier P. Negotiated Content: Generative Soundscape Composition by Autonomous Musical Agents in Coming Together: Freesound. International Conference on Innovative Computing and Cloud Computing. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/228411309_Negotiated_Content_Generaive_Soundscape_Composition_by_Autonomous_Musical_Agents_in_Coming_Together_Freesound (01.06.2025).
5. Feld S. Sound and Sentiment: Birds, Weeping, Poetics, and Sound in Kaluli Expression. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, PA, 1982. 297 p.
6. Finney N. Autonomous Generation of Soundscapes using Unstructured Sound Databases. Master thesis upf. 2009. URL: <https://mtg.upf.edu/static/media/Finney-Nathan-Master-Thesis-2009.pdf> (10.06.2025).
7. Fournel N. F. Procedural Audio for Video Games: Are we there yet? [Presentation]. 2017. URL: <https://www.gdcvault.com/play/1012645/Procedural-Audio-for-Video-Games> (28.02.2025).
8. Misra A., Cook P. R. Toward Synthesized Environments: A Survey of Analysis and Synthesis Methods for Sound Designers and Composers. International Conference on Mathematics and Computing. 2009. URL: https://soundlab.cs.princeton.edu/publications/survey_icmc09.pdf (01.06.2025).
9. Rogozinsky G. G., Cherny E., Osipenko I. Making Mainstream Synthesizers with Csound. *Proceedings of the third international csound conference*. St. Petersburg: The Bonch-Bruевич St. Petersburg State University of Telecommunications, 2016, pp. 132–140.
10. Schafer R. Murray. The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World. Destiny Books Rochester, Vermont, 1977. 428 p.
11. Schwarz D. State of the Art in Sound Texture Synthesis. Proc. of the 14th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx–11), Paris, France, September 19–23, 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/256436927_State_of_the_Art_in_Sound_Texture_Synthesis (01.06.2025).
12. Serafin S., Serafin G. Sound Design to Enhance Presence in Photorealistic Virtual Reality. International Conference on Auditory Display. Proceedings of ICAD 04 –Tenth Meeting of the International Conference on Auditory Display, Sydney, Australia, July 6–9, 2004. URL: <https://scispace.com/pdf/sound-design-to-enhance-presence-in-photorealistic-virtual-12e5ra5v1c.pdf> (01.06.2025).
13. Southworth M. The Sonic Environment of Cities. *Environment and Behavior*, 1969. 1 (1), pp. 49–70.
14. Stevens R. S., Raybould D. R. Game Audio Implementation A Practical Guide Using The Unreal Engine. Book edn. UK: Focal Press. 2016. 486 p.
15. Truax B. Acoustic Communication. 2nd ed. Norwood, NJ: Ablex, 2001. 284 p.

Получено: 30.03.2025

Принято к публикации: 26.06.2025

Дата публикации: 30.06.2025

Received: 30.03.2025

Accepted: 26.06.2025

Accepted: 30.06.2025