

Горизонты музыкознания

Научная статья

УДК 781.1+378.1

<https://doi.org/10.56620/2782-3598.2024.2.180-199>

EDN: QQMEDR



Трансдисциплинарный подход к изучению музыкальных явлений: теория информации и её воздействие на различные области музыкознания

Ирина Борисовна Горбунова¹, Михаил Сергеевич Заливадный²

¹*Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
gorbunovaib@herzen.spb.ru✉, <https://orcid.org/0000-0003-4389-6719>*

²*Санкт-Петербургская государственная консерватория
имени Н. А. Римского-Корсакова,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
<https://orcid.org/0000-0001-9599-5925>*

Аннотация. Применение математических методов исследования в музыкознании, а также рассмотрение сопряжённых с ними факторов неопределённости в системе музыкального мышления в настоящее время являются одними из наиболее активно развивающихся направлений в области гуманитарных наук, становясь важными инструментами познания и интерпретации смысловых структур всех временных искусств, включая музыкальное. Данная статья является продолжением проводимого её авторами многокомпонентного комплексного исследования, направленного на выявление проблематики использования трансдисциплинарного подхода, составляющего действенную основу для качественной и количественной оценки музыкальных явлений с использованием ресурсов современных музыкально-компьютерных технологий, включая исследуемые с помощью этих технологий факторы неопределённости в музыке. Особое внимание в статье уделено математической теории информации и её воздействию на различные области музыкальной науки. Музыкально-компьютерные технологии, использование которых обуславливает возможности создания новых теоретических и экспериментально-практических средств изучения музыки, могут быть также использованы при построении музыкально-теоретических систем применительно к области музыкального образования, они становятся активным инструментом исследований, посвящённых проблематике трансдисциплинарности как принципа организации научного знания, предполагающего взаимодействие многих направлений научного исследования при решении комплексных проблем музыкознания. Современный уровень развития музыкально-компьютерных технологий позволяет рассматривать их использование

в качестве действенной основы при создании многокомпонентных программно-аппаратных комплексов, которые могут быть применены в процессе построения интеллектуальных систем анализа и каталогизации музыки народов России и мира. Авторами статьи освещается проект по разработке Российского электронного музыкального инструмента, предпринятого сотрудниками научно-методической лаборатории «Музыкально-компьютерные технологии» Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена, опирающийся на материалы, созданные при участии специалистов, владеющих различными методами и инструментами трансдисциплинарного подхода к изучению музыкальных явлений и имеющих опыт по разработке современных музыкально-ориентированных программных средств как в области технологии их применения для проведения научных исследований, так и в процессе реализации новых профессиональных музыкально-образовательных направлений.

Ключевые слова: трансдисциплинарность, синергетический подход, теория информации, музыкально-компьютерные технологии, музыкальное образование, научно-методическая лаборатория «Музыкально-компьютерные технологии» Российского педагогического университета им. А. И. Герцена

Для цитирования: Горбунова И. Б., Заливадный М. С. Трансдисциплинарный подход к изучению музыкальных явлений: теория информации и её воздействие на различные области музыкознания // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2024. № 2. С. 180–199. <https://doi.org/10.56620/2782-3598.2024.2.180-199>

Horizons of Musicology

Original article

The Trans-Disciplinary Approach to the Study of Musical Phenomena: The Information Theory and Its Impact on Various Fields of Musicology

Irina B. Gorbunova¹, Mikhail S. Zalivadny²

¹*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russian Federation, gorbunovaib@herzen.spb.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4389-6719>*

²*Saint-Petersburg Rimsky-Korsakov State Conservatory, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9599-5925>*

Abstract. At the present time, the application of mathematical methods in musicology, as well as the examination of the entailing facts of indeterminacy in the system of musical thinking are some of the most actively developing directions in the sphere of humanitarian disciplines, becoming important tools of cognition and interpretation of the semantic structures of all temporal arts, including the art of music. This article presents a continuation of the multicomponent complex research carried out by its authors, aimed at identifying the issues related to the use of a transdisciplinary approach, comprising an effectual foundation for a qualitative and quantitative evaluation of musical phenomena with the use of the resources of present-day musical computer technology, including the factors of indeterminacy in music researched with the aid of these technologies. Special attention

in the article is devoted to the mathematical theory of information and its impact on various spheres of musicology. Musical computer technology, the use of which stipulates the possibilities of creation of new technological and experimental-practical means of music studies, may also be used upon the construction of music theory systems applicable to the sphere of musical education. It becomes an active instrument of research devoted to the problem range of trans-disciplinarity as a principle of organization of academic knowledge, presuming the interaction of many directions of scholarly research upon the solution of complex problems of musicology. The present-day level of development of musical computer technology makes it possible to examine use as an effective basis for the creation of multicomponent complexes of hardware-software programs, which may be applied in the process of construction of intellectual systems of analysis and cataloguing of the music of the peoples of Russia and the whole world. The authors of the article illuminate the project of development of a Russian Electronic Musical Instrument undertaken by the associates of the scholarly-methodological laboratory “Musical computer technology” of the Herzen State Pedagogical University of Russia, relying on materials created with the participation of specialists who possess various methods and tools of a transdisciplinary approach towards the study of musical phenomena and endowed with the experience of developing contemporary musically directed programmatic means in both the sphere of the technology of their application for carrying out scholarly research and in the process of the realization of new professional directions in musical education.

Keywords: trans-disciplinarity, synergetic approach, information theory, musical computer technology, musical education, scholarly-methodological laboratory “Musical Computer Technology” of the Herzen State Pedagogical University of Russia

For citation: Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. The Trans-Disciplinary Approach to the Study of Musical Phenomena: The Information Theory and Its Impact on Various Fields of Musicology. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2024. No. 2, pp. 180–199. (In Russ.)

<https://doi.org/10.56620/2782-3598.2024.2.180-199>

Введение

Научное понятие информации не тождественно понятию сообщения или содержащихся в нём сведений. А. Моль, автор одной из значительных работ второй половины XX века, посвящённых теоретико-информационному анализу художественных сообщений, — книги «Теория информации и эстетическое восприятие», — сформулировал смысл понятия информации, выделяя элемент

новизны, заключённый в сообщении, таким образом: «Информация есть то, что прибавляет нечто новое к некоторому имеющемуся представлению»¹. Наибольшее научно-теоретическое и практическое развитие применительно к области гуманитарных наук к настоящему времени получила статистическая теория информации, основы которой были заложены Р. Хартли и К. Шенноном. Примеры исследования музыки с применением положений этой теории

¹ Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие / пер. с фр. Б. Власюка; под ред., с послесл. и примеч. Р. Зарипова и В. Иванова; вступ. ст. Б. Бирюкова и С. Плотникова. М.: Мир, 1966. С. 51.

содержатся, в частности, в работах А. Моля («Теория информации и эстетическое восприятие» и др.), Я. Ксенакиса («Формализованная музыка»² и др.), в ряде работ авторов статьи [1–4].

В рамках изучения информационности музыкальных построений на основе статистической теории информации рассматривался также вопрос об информации, получаемой субъектом с учётом имеющегося у него запаса таких построений и их обобщений. В. Детловс отмечал, что «синтаксическая информация инвариантна относительно времени, семантическая же — исторически обусловлена и изменчива. Характеризовать эту последнюю числом мы пока не умеем»³. Фрагментарно вопросы использования положений теории информации в музыкально-теоретических исследованиях более позднего времени рассматривались в ряде музыковедческих работ; среди таковых отметим, например, диссертационную работу Н. Зубаревой «Музыкально-лингвистические универсалии: опыт реализации “искусствометрического” подхода» [5].

В применении к музыке важной исторической категорией, предшествующей современному понятию информации, является также характеристика «прият-

ности» (иначе — благозвучия, *suavitatis*) созвучий, введённая великим математиком Л. Эйлером в трактате «Опыт новой теории музыки» (1739). Характеристика эта примечательна содержащейся в ней более общей идеей комплексного показателя *сложности* (соответственно — упорядоченности) логической организации музыки, взятой со стороны её восприятия субъектом. Эйлером высказывается также предположение о том, что «во всех остальных сферах, где требуются порядок и красота» (в качестве примера учёным приводится область архитектуры), предложенный им применительно к музыке подход к восприятию порядка «будет очень полезен — если, конечно, то, что упорядочено, можно свести к количеству и выразить числом»⁴).

Кроме вероятностно-статистических методов исследования количества информации, появились невероятностные подходы, и они начали изучаться в методологическом плане. Большое значение для методологического значения этих новых направлений в теории информации имели работы А. Колмогорова и его школы, посвящённые идее ε -энтропии и ε -ёмкости множеств⁵. Колмогоров, исследуя стихи точными количественными методами, пришёл к необходимости различения

² Xenakis I. Musiques formelles. Nouveaux principes formels composition // La Revue musicale. No. 253/254. Paris, 1963. (Данное издание переведено с французского языка М. С. Заливадным.)

³ Детловс В. К. Математический синтез музыки // Наука и техника (Рига). 1965. № 9. С. 12.

⁴ Эйлер Л. Опыт новой теории музыки. СПб.: Нестор-История, 2007. С. 54.

⁵ Имеются в виду публичные выступления, доклады на конференциях, дискуссии, публикации в журналах на стиховедческие, общелингвистические, философские и прочие темы. В июле 1961 года в Ленинграде на Четвёртом Всесоюзном математическом съезде А. Колмогоров сделал доклад на тему «Математика в исследованиях языка художественных произведений», в котором изложил понимание термина «энтропия речи» как «меру количества информации, передаваемой речью, которая может быть разложена на две компоненты: внеречевую (смысловую, семантическую) и собственно речевую (лингвистическую) информацию» (приведено на основании материалов, опубликованных А. Прохоровым — учеником и последователем А. Колмогорова).

двух величин, из которых складывается энтропия H (словесного) языка: h_1 — информационной ёмкости языка, то есть количества разных мыслей, которые могут быть изложены в тексте данной длины, и h_2 — гибкости языка, то есть меры равноценных способов изложения одного и того же содержания средствами данного языка: $H = h_1 + h_2$. Если коэффициент β , характеризующий формальные ограничения, налагаемые стихотворной формой, больше гибкости языка ($\beta > h_2$), то выражение заданной идеи в данной форме невозможно; таким образом, неравенство $h_2 > \beta$ является необходимым условием поэтического творчества. За пределами словесного языка аналогичные исследования А. Колмогоровым, по-видимому, не предпринимались (сведения о них в имеющейся литературе нами не обнаружены).

Более ранние работы А. Оголевца (1940–1950-е годы)⁶ по теории музыки, рассматривая различия между элементами музыкально-звуковысотной системы как основу её оригинальности, образуют примечательную параллель теоретико-множественной ветви теории информации, нашедшей, в частности, выражение в работах У. Р. Эшби⁷ и А. Колмогорова. Известное сходство присутствует и в используемом Оголевцом формальном аппарате благодаря буквам греческого алфавита (α - и β -коэффициенты, характеризующие степень удаления от главных звуков системы, обозначение $\alpha\rho$ («гармония») как характеристика вза-

имного погашения α - и β -коэффициентов при их сложении).

В научно-теоретических исследованиях Я. Ксенакиса, в частности в его книге «Формализованная музыка», благодаря «двойному применению» матриц (для характеристики вероятностей перехода одних элементов музыкально-звуковой системы в другие и для оценки таких переходов в рамках теоретико-игровой их трактовки) присутствует постановка вопроса о синтезе статистических и теоретико-множественных подходов к изучению информации, имевшая уже тогда несомненную перспективную ценность и подтверждаемая в настоящее время. По мнению авторов настоящей статьи, в качестве одного из шагов на пути решения этой проблемы применительно к музыкально-логической области возможно использование системы «банальностных вычетов» (соответственно частоте повторения того или иного элемента или сочетания элементов) из значений величин, характеризующих разнообразие соотношений между элементами в тех или иных музыкальных построениях, при информационной оценке этих последних [6, с. 265]; предположение это, в частности, высказывалось в своё время одним из авторов статьи (М. Заливадным) на семинаре по проблемам современного музыкознания и творчества молодых композиторов, проходившем в Ереване в 1978 году, а также в работе «Измерение смыслового пространства музыки»⁸. Области математики, рассмотренные ранее

⁶ См., например: Osgood Ch., Suci J., Tannenbaum P. The Measurement of Meaning. Urbana: University of Illinois Press, 1957. 342 p.

⁷ См.: Эшби У. Р. Введение в кибернетику / пер. с англ. Д. Г. Лахути; под. ред. В. А. Успенского; предисл. А. Н. Колмогорова. М.: URSS/Ленанд, 2023. 430 с.

⁸ См.: Заливадный М. С. Измерение смыслового пространства музыки // Семинар «Синтез искусств в эпоху НТР». Казань: КАИ, 1987. С. 110–112.

в музыковедческих исследованиях авторов статьи [1–4], заключают в себе естественную основу применения теории информации в изучении музыкальных явлений.

Для характеристики запаса знаний (не только в связи с музыкальной наукой, но и в связи с различными другими областями деятельности человека) часто используется термин «тезаурус» («сокровище»), который имеет важное значение при рассмотрении вопросов воздействия теории информации на различные области музыкознания. «В словарной практике тезаурусом... принято называть одноязычный ассоциативный словарь, в котором учтены различные ассоциативные связи между словами, — пишет Р. Зарипов в книге “Кибернетика и музыка”. — Тезаурус θ , как и всякий справочник, отражает сведения, накопленные к определённом моменту времени некоторым индивидуумом (приёмником). <...> Очевидно, что из одного и того же сообщения разные приёмники (с разными тезаурусами) извлекают неодинаковую информацию. <...> Так, ... для восприятия художественного произведения (в частности музыкального) приёмник должен обладать некоторым тезаурусом в данном виде искусства. Художественная, или эстетическая информация, содержащаяся в конкретном произведении, отлична от нуля лишь для некоторого диапазона тезаурусов и изменяется, достигая наибольшего значения $I_{\max} = I(T, \theta_{\text{ср}})$ при некотором среднем значении $\theta_{\text{ср}}$ »⁹.

До настоящего времени опыты применения теории информации в исследовании музыки не носят систематического харак-

тера, и большинство научных результатов, полученных в связи с этими опытами, не относится к числу непосредственных итогов применения предлагаемого теми или иными исследователями математического аппарата. Эти косвенные результаты, однако, весьма значительны: к ним принадлежат, в частности, такие фундаментальные эстетические положения, как определение области художественного (область средних значений между «полностью понятными» и «полностью непонятными» сообщениями), обоснование специфики различных видов искусств («симфония не может заменить мультипликационный фильм, они различны по своей сущности»), идея регулирования соотношения составляющих в синтетическом художественном сообщении в связи с ограничениями, налагаемыми «пропускной способностью» восприятия, и т. п. К такого же рода результатам относится предложенная А. Модем в книге «Теория информации и эстетическое восприятие» классификация композиционных элементов музыки, позволившая решить ряд назревших вопросов (в том числе — связанных с рядом новшеств техники композиции в музыке XX века) изучения её общих композиционных закономерностей. В этой классификации Модем выделяют следующие масштабно-композиционные единицы:

1) символы, расположенные в интервале минимального времени восприятия (1/20 секунды)¹⁰;

2) звуковые объекты длительностью от 0,5 секунды до 1 секунды, составляющие «мельчайшие элементы восприятия»¹¹;

⁹ Зарипов Р. Х. Кибернетика и музыка. М.: Наука, 1971. С. 17–18.

¹⁰ Моль А. Указ. соч. С. 121.

¹¹ Там же. С. 125.

3) ячейки, или «объекты восприятия в интервале запоминания звукового раздражения длительностью от 2 до 10 секунд»¹²;

4) макроструктуры — построения более крупного масштаба¹³.

При этом исследователь обращает внимание на часто встречающееся соответствие ячейки музыкальной фразе (по традиционной классификации аналогичных структур), на «единство эстетических приёмов» внутри ячейки при часто наблюдаемой контрастности этих приёмов на границах между ячейками. Такое внимание к этой единице подтверждается психологическими исследованиями, указывающими на длительность, равную ячейке, как на наиболее вероятным образом соответствующую психологическому представлению «кажущегося настоящего» (отрезка времени, в течение которого все события воспринимаются как происходящие в одновременности). Замечания о значении этого представления (и, соответственно, категории ячейки) для экспонирования целостных музыкальных образов приводились в главе, посвящённой теории множеств.

Кодировка и хранение музыкальной информации

Развёрнутое понимание термина «музыкальная информация» приводится в трудах И. Корсаковой, а также в работах Е. Минаева, С. Полозова и ряда других учёных [7–10]. Так, в статье «Музыкальная информация в контексте музыкальной коммуникации» И. Корсакова отмечает, что «музыка может рассматриваться

в качестве некоторой информации, которую возможно не только чувствовать, но и понимать», а также указывает на тот факт, что «функционирование музыкальной информации протекает в среде», которая, в свою очередь, «определяет характер взаимодействия и качество функционирования музыкальной информации» [7, с. 29, 30]. Видится целесообразным следовать разработанным учёными представлениям о различных аспектах понимания смыслов, содержащихся в многогранном и многокомпонентном понятии «музыкальная информация», и, основываясь на рассмотренных авторами научных исследований положениях, изучать возможности кодирования музыкальной информации и создания музыкальных баз данных, позволяющих в дальнейшем с их помощью анализировать различные аспекты исследуемых музыкальных явлений и процессов.

На практике идея создания базы данных находит наиболее очевидное применение при формировании характеристик различного рода собраний документов (в отношении музыки это ноты, аудио- и видеозаписи, книги о музыке и т. п.) с целью облегчения поиска необходимых сведений. Такой способ формирования баз данных и управления ими является общим для библиотек, архивов и иных хранилищ документов. Наряду с этим исследователями (например, А. Сихрой) выдвигалась гипотеза о возможности применения информационных технологий к формированию и функционированию интонационного словаря, более непосредственно связанная как с процессами музыкального творчества,

¹² Там же. С. 190.

¹³ Там же.

так и с процессами восприятия музыки и её включения в более широкую сферу человеческой деятельности. Такая база данных, в частности, может вмещать в себя синестетические аспекты музыкальных построений, что содержится, например, в предложении Б. Галеева о создании «синестетического фонда» (охват которого может быть различным: синестетический фонд эпохи, художественной школы, композитора, произведения и т. д.). Отметим, что возможности электронной техники позволяют достигать определённой степени соответствия с подвижным характером этого фонда, присущими ему соотношениями устойчивости и изменчивости, обобщаемыми в понятии «диахронно-синхронный континуум интерпретационных возможностей музыки», выдвинутом в 1970-е годы Пражской командой¹⁴. Ранее (в 1940-е годы) на подвижный характер самого интонационного словаря (с фактическим выделением масштабного уровня ячеек как «слов музыки») указывалось в книге Б. Асафьева «Музыкальная форма как процесс».

Значительный вклад в процесс изучения музыкальных явлений с применением ряда положений теории информации и её воздействия на различные области музыкознания был внесён С. Церлюк-Аскадской¹⁵, в трудах которой, с одной стороны, подытоживается ряд научных теорий, обогативших развитие музыкальной науки в рассматриваемых в данной статье аспектах, с другой —

открывается перспективный взгляд на пути развития дальнейших междисциплинарных (и *трансдисциплинарных*) подходов к музыковедческим исследованиям в данном направлении.

Пример составления «многосторонней» базы музыкальных данных: аналитическая карта АРУНАК

АРУНАК (Армянская универсальная аналитическая карта) представляет собой анкету, разработанную в связи с проведённым в 1970-е годы сотрудниками Академии наук Армении и ряда других организаций (Ереванская консерватория, Ереванский политехнический институт) опытом составления и практического применения автоматизированного каталога музыкального фольклора (УНСАКАТ). Анкета эта, по замыслу её авторов (В. Гошовского, О. Грабаловой и др.), предназначена для регламентированной последовательности операций по формализованному анализу и описанию музыкально-фольклорных текстов, а также для фиксации результатов этих операций, заключая в себе, таким образом, определённый «алгоритм формализованного анализа». Структура АРУНАК предусматривает перенос её данных в компьютер и — соответственно — перевод их на используемый при составлении каталога язык программирования. Обсуждение характеристик содержания этой карты и возможностей её применения составило одну из тем проходившего в 1975 году семинара МААФАТ'75,

¹⁴ Объединение специалистов в области искусствоведения и эстетики, действовавшее на базе Института теории и истории искусств в г. Праге (Чехия).

¹⁵ См., например: Церлюк-Аскадская С. С. Музыкально-теоретическое наследие Леонарда Эйлера в свете эволюции учения о звуковысотной организации: дис... канд. искусствоведения. Киев, 1987. 160 с.

в сборнике материалов которого образцы такой карты были опубликованы¹⁶. Опыт составления аналитической карты АРУНАК и её применения на практике высоко оценивался специалистами как в ходе самого семинара, так и в дальнейшем [1; 11].

Результатом многолетней деятельности В. Гошовского в направлении создания эффективного музыкально-фольклорного каталога явилась разработанная им кибернетическая система анализа и каталогизации народных песен УНСАКАТ (Универсальный структурно-аналитический каталог), представленная в середине 1970-х годов. Начиная с середины 1960-х В. Гошовский заявляет о себе как о деятельном поборнике применения в фольклористике и музыковедении новейших методов и научных технологий, в первую очередь достижений кибернетики, и публикует ряд работ, положивших начало советской *кибернетической этномузыкологии*. В 1964 году в журнале «Советская музыка» (№ 11, 12) появляется его статья «Фольклор и кибернетика», в которой впервые были изложены методы анализа народных песен (колядок, бытующих у восточных, западных и южных славян) на основе принципов лингвистики и кибернетики и показан опыт их применения. Вскоре после этого издаются «Принципы и методы систематизации и каталогизации народных песен в странах Европы: Историко-критический очерк (материал для обсуждения)» (1966) и «Комплексный анализ песен. (Аналитические карты Генерального Каталога русской народной песни)» (1967). В 1966 году выходит статья «Семиотика

в помощь фольклористике» («Советская музыка», 1966, № 11), в которой учёный говорит о значении науки о свойствах и законах знаковых систем при изучении напевов лирических песен.

Значение карты АРУНАК не ограничивается только областью фольклористики, она, по существу, содержит в себе достаточно эффективную и при этом компактно выраженную методику комплексного аналитического рассмотрения музыкальных произведений (в краткой форме — также связанных с музыкой поэтических текстов). В содержании этого комплекса, помимо традиционных для музыкальной теории характеристик анализируемой музыки (элементы логической структуры, жанровые особенности), входят также общеисторические и социологические данные, являющиеся обычно предметом рассмотрения в музыкально-исторических исследованиях (принадлежность к национальной культуре, этнографическая территория, национальные и социальные характеристики носителя анализируемой песни и т. п.). Синестетические закономерности музыки, существенные для осмысления её семантики, оказываются при этом выраженными не столь заметно; тем не менее они тоже присутствуют (преимущественно в виде данных о контурах мелодических линий). Для оценки собственно логических аспектов содержания карты существенно, что аспекты эти предусматривают вероятностно-статистические обобщения тех или иных составляющих музыкально-логической структуры (статистика интервалов мелодического движения, частота появления

¹⁶ См.: МААФАТ'75. Первый Всесоюзный семинар по машинным аспектам алгоритмического формализованного анализа музыкальных текстов. Ереван: АН Арм. ССР, 1977. 292 с.

отдельных звуков звукоряда, вероятность перехода одних его элементов в другие) [12, с. 317].

В процессе характеристики автоматического каталога и самой карты участниками семинара постоянно привлекались математические термины («множество», «многомерное пространство», «алгебра» и т. п.). Нам, однако, не известны источники, в которых карта рассматривалась бы как единое математическое построение. Возможно, что препятствиями здесь служили и необычный внешний вид карты, не похожий на традиционную табличную форму записи данных (однако легенда к карте более близка к такого рода таблицам), и разнородность используемой символики (цифровые и буквенные коды, краткие словесные обозначения, рисунки, кинематические диаграммы), а с другой стороны, — неполные представления самих комментаторов о современных возможностях математики, не охватывающие математических способов выражения связей и соотношений между качественно различными составными частями анализируемых объектов. Между тем соотношения такого рода уже исследовались с применением элементов современной математики (или прообразов таких элементов) в искусствоведческих работах того же времени¹⁷. С учётом математической основы этих (и ряда аналогичных им позднейших) исследований общая структура карты может быть трактована как декартово произведение множеств, соответствия между её отдельными графами

— как функциональные зависимости между его сомножителями (доменами) и их ассоциациями, «расчленённое единство» этих граф — как композиция функций.

Сложность (соответственно — «многодоменность») структуры АРУНАК неизбежно (и необходимо) имеет своим следствием её роль как дополнительного средства фиксирования данных (своего рода «дополнительного запоминающего устройства»), предполагающего на этапе «собственно человеческого» обращения к этим данным (то есть ранее или помимо их ввода в компьютер) достаточно длительный способ прочтения. Способ этот, однако, включает в себе и определённые преимущества, располагая, в частности, к развёртыванию фиксируемых в карте обозначений (преимущественно понятий разного уровня) в конкретно-образные представления [12, с. 317]. Последнее особенно очевидно в отношении синестетических, а также более общих психологических и социально-исторических характеристик музыки, представляемых в соответствующих графах карты, и содержит в себе широкие возможности содействия дальнейшему движению творческой мысли её читателя (также отнюдь не исключаяющему участия компьютерно-технических «помощников» в этом процессе. В настоящее время данная позиция подтверждается исследованиями учёных, направленными на изучение особенностей влияния процесса компьютерного моделирования в музыке на освоение новой художествен-

¹⁷ В том числе применительно к музыке см., например: Назайкинский Е. В., Рагс Ю. Н. Восприятие музыкальных тембров и значение отдельных гармоник звука // Применение акустических методов исследования в музыкознании. М.: Музыка, 1964. С. 79–100; Галеев Б. М. Проблема синестезии в искусстве // Искусство светящихся звуков: сб. работ СКБ «Прометей». Казань: КАИ, 1973. С. 67–88.

но-выразительной среды в музыкальном искусстве¹⁸).

Естественно, что рассматриваемая карта представляет собой обусловленный конкретными обстоятельствами исторический опыт, который при обращении к аналогичной проблематике не требует буквального следования ему во всех деталях. Он, однако, ценен как ориентирующая модель, допускающая дальнейшее развитие (соответственно — преобразование в «пространстве субъектов») как в частности, так и в целом. Представляется несомненным, что учёт этого опыта способствует выработке широкого и многостороннего научно-теоретического взгляда на музыку, что существенно и для процессов музыкального воспитания и образования [12].

Трансдисциплинарный подход к изучению музыкальных явлений и разработка Российского электронного музыкального синтезатора

Как уже отмечалось ранее, изучение факторов неопределённости в системе музыкального мышления стало предметом пристального внимания со стороны исследователей музыкальной науки [13; 14; 15], частично опережая некоторые

аналогичные результаты в области точных наук. В монографических сборниках научных трудов «Синергетическая парадигма»¹⁹, включающих работы видных отечественных учёных — философов, музыковедов, культурологов, социологов, педагогов, представителей естественных и технических наук, — обстоятельно излагается содержание синергетической парадигмы как модели познания мира, использующей междисциплинарный подход и ориентированной на гуманитарные ценности в научных исследованиях. Отечественные учёные и деятели культуры последовательно раскрывают нелинейный характер комплексных процессов самоорганизации, в том числе информационных, протекающих в сверхсложных системах в материальной и интеллектуальной сферах деятельности человека и требующих объединённого системного подхода со стороны естественных и гуманитарных наук.

Трансдисциплинарный подход обуславливает функциональный синтез методологий и создание на их основе совершенно новых исследовательских концепций в многообразии их проявлений в природе, духовной и материальной культуре человечества [16; 17; 18]. В ряде

¹⁸ См., например: Ульянич В. С. Компьютерная музыка и освоение новой художественно-выразительной среды в музыкальном искусстве: автореф. дис. ... канд. искусствоведения. М., 1997. 24 с.; Заливадный М. С., Соловьева Н. А. Виртуальные миры на основе графических моделей музыки // Современное музыкальное образование — 2003: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2003. С. 254–258; Горбунова И. Б., Чибирёв С. В. Музыкально-компьютерные технологии: к проблеме моделирования процесса музыкального творчества: монография. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. 160 с.; Горбунова И. Б., Чибирёв С. В. Компьютерное моделирование процесса музыкального творчества // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2014. № 168. С. 84–93.

¹⁹ См.: Синергетическая парадигма. Когнитивно-коммуникативные стратегии современного научного познания. М.: Прогресс-Традиция, 2004. 559 с.; Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. М.: Прогресс-Традиция, 2002. 495 с.; Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М.: Прогресс-Традиция, 2011. 496 с.

ранее опубликованных исследований (Е. Журовой, А. Коблякова, Г. Грушко, Е. Курпиной и др.) отмечается, что в настоящее время становится очевидной приоритетность влияния синергетического подхода на стратегию обучения музыкальному искусству, вызванная необходимостью применения трансдисциплинарного подхода, предполагающего выход за рамки изучения отдельных дисциплин (см., например: [19]). Эти выводы в значительной степени согласуются с результатами исследований, проводимых авторами данной статьи [20; 21]. Необходимость применения трансдисциплинарного подхода как принципа организации научного знания, предполагающего взаимодействие многих направлений научного исследования при решении комплексных проблем развития человека, природы и общества, также неоднократно упоминается в работах известного российского музыковеда А. Демченко [22]. Подобные идеи можно встретить в работах зарубежных авторов [23; 24; 25].

На современном этапе развития науки трансдисциплинарный подход играет ключевую роль в процессе проектирования современных отечественных программно-аппаратных комплексов, выполненных на основе использования музыкально-компьютерных технологий (МКТ).

Одним из таких проектов, проводимых в нашей стране, является создание Российского электронного музыкального синтезатора (РЭМС) с тембрами традиционных музыкальных инструментов народов России и мира, разрабатываемого группой сотрудников, аспирантов и докторантов научно-методической лаборатории (НМЛ) «Музыкально-компьютерные технологии» Российского государственного педагогического уни-

верситета им. А. И. Герцена. Этот проект призван расширить и упрочить междисциплинарные связи и сотрудничество музыкантов-теоретиков и практиков, этномузыковедов и композиторов с представителями смежных гуманитарных и технических специальностей — лингвистами, психологами, математиками, специалистами в области IT и акустики. Актуальность проекта обусловлена также высокой ценностью исчезающей культуры устной традиции; проект направлен в том числе на сохранение и пропаганду музыкального фольклора.

Сегодня проводится большая работа по дальнейшему совершенствованию созданной на базе НМЛ «Музыкально-компьютерные технологии» РГПУ им. А. И. Герцена интеллектуальной системы каталогизации и анализа музыки народов мира (создание «музыкального банка звучаний»). Такой банк, по сути, является интеллектуальной системой, готовой принять на хранение для дальнейшего использования образцы традиционной музыкальной культуры народов России и мира. Создаваемые музыковедами коллекции и архивы в настоящее время разобщены, разбросаны по различным странам мира, а существующие системы хранения и обработки музыкальной информации не являются интеллектуальными. Они не способны учитывать нечёткость, неопределённость, частичную надёжность музыкальной информации, а также отвечать на запросы пользователей, сформированные в лингвистической форме с помощью нечётких оценок. Проект РГПУ им. А. И. Герцена ориентирован на создание своеобразной интеллектуальной системы каталогизации и анализа народной музыки [26; 27], обеспечение сохранности музыкального творчества устной традиции как

нематериального культурного наследия и обеспечение новой формы бытования, новых вариантов творческого использования этого наследия в современных условиях композиторами, исполнителями и музыковедами [12; 28].

Начало проекта было связано с оцифровкой полевых материалов исследователей музыкального фольклора Дальнего Востока России. На территории этого уникального этнического региона проживают носители совершенно разных традиционных культур: нанайцы, ульчи, ороки, орочи, удэгейцы, эвены, эвенки, негидальцы, нивхи.

В настоящее время сотрудниками проводится активная работа с оцифровкой тембров *русских народных инструментов*, таких как балалайка, кугиклы (кувиклы) или цевница, рубель (ребрак, пральник), било, бубен, бубенец (уменьшительная форма — бубенчик), варган, двухрядная хроматическая гармоника, «хромка», ливенская гармонь, русская семиструнная гитара, саратовская гармонь, гусли, домра, дудка, жалейка (брёлка), деревянные ложки, мандолина, погремушка, пыжатка, рожок, свирель, свистулька. Создаются оцифрованные каталоги музыкальных инструментов различных народов России: татарские национальные музыкальные инструменты, башкирские национальные музыкальные инструменты, чувашские национальные музыкальные инструменты, арийские национальные музыкальные инструменты, еврейские национальные музыкальные инструменты.

Сотрудниками НМЛ «Музыкально-компьютерные технологии» также собраны уникальные тембры:

- *античных* музыкальных инструментов (Греция), восстановленных современными греческими мастерами

(экспериментальный материал был представлен и записан сотрудниками НМЛ «Музыкально-компьютерные технологии» в октябре 2015 года);

- национальных *белорусских* инструментов — в апреле 2022 года Белорусской государственной академией музыки была передана коллекция оцифрованных записей — аудиоиздание «Этномузыкальные традиции северобелорусского региона» (Аудиоатлас традиционной музыкальной культуры Беларуси);

- фольклорного инструментария *народов Севера* (якуты, чукчи, эскимосы, алеуты, коряки и др.; в НМЛ «Музыкально-компьютерные технологии» имеются цифровые записи, выполненные студентами Института народов Севера РГПУ им. А. И. Герцена);

- национальных *карельских* инструментов: кантеле и других, используемых в музыкальном фольклоре *народов Северо-Запада Европейской части России* (карелы, ижорцы, вепсы, водь, сету, саамы, коми, ненцы и др.);

- инструментария *народов Ближнего и Среднего Востока* (Азербайджан, Армения, Иран): киманчи, тара, сантура и многих других инструментов (совместная деятельность РГПУ им. А. И. Герцена и Азербайджанской академии музыки им. У. Гаджибейли на основе разработок Лаборатории органологии и акустики при участии заслуженного деятеля искусств Азербайджана, национального эксперта Азербайджана в Комитете ЮНЕСКО по нематериальному культурному наследию, члена Европейского культурного парламента Дж. Селимханова);

- *Русской роговой капеллы Герценовского университета* — одного из музыкальных символов русской культурной традиции;

– *карильонов* (Санкт-Петербурга) и *колоколов* (из различных регионов России).

Работа по созданию интеллектуального каталога музыки народов России и мира в настоящий момент продолжается во взаимодействии с учёными из Азербайджанской Республики: научным сотрудником лаборатории «Исследования азербайджанской профессиональной музыки устной традиции и их новые направления: органология и акустика» Бакинской музыкальной академии имени У. Гаджибейли З. Исаевым и ведущим научным сотрудником лаборатории, доктором искусствоведения, членом Союза композиторов Азербайджана И. Алиевой, а также членом-корреспондентом Национальной академии наук Азербайджана, доктором технических наук, профессором Р. Алиевым.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью принятия неотложных мер по сохранению традиционного творчества в эпоху глобализации, а междисциплинарный диалог создаёт условия для выработки общей стратегии в решении научных проблем, сопряжённых с проводимыми в данном направлении исследованиями. Создание каталога оцифрованных записей будет способствовать накоплению фундаментальных знаний в области музыкального фольклора, их научного осмысления и систематизации для решения ряда профессиональных музыковедческих задач.

Подходы к решению многих научных и технологических проблем, связанных с созданием РЭМС, разработаны и изложены в ряде научных работ [29–32] и в статьях [33; 34]. Также результаты проведённой нами работы в данном направлении были представлены на Пленарном заседании XXII Международной

научно-технической конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации», состоявшейся в ноябре 2023 года, в процессе выступления одного из авторов статьи (И. Горбуновой) с докладом «Интеллектуальная каталогизация музыки народов мира: к вопросу формирования национального электронного контента».

Разработка РЭМС сопряжена с проведением отдельных новых исследований, направленных, например, на проблемы расшифровки образцов народного творчества и их перевода на современную систему нотации, систематизации и сравнительного анализа; выявление общих и индивидуальных принципов в традиционном творчестве; исследование памятников музыкального творчества с использованием МКТ; рассмотрение традиционного творчества как музыкально-акустического явления; компьютерный анализ музыкального звука; определение новых методологических подходов и возможностей современных ИТ в решении сформулированных задач и многое другое.

Заключение

Проблема сохранения нематериального культурного наследия, включая вопросы сохранения традиционной культуры и самобытности этноса в рамках государственности, в условиях расширяющихся процессов глобализации, а также амбивалентных процессов интеграции/дезинтеграции научных знаний, социальных взаимосвязей и др., актуальна для всех стран и народов. Современные информационно-коммуникационные технологии и МКТ, применимые согласно соответствующим их природе и природе человека методологическим подходам, способны придать новый

импульс развитию человека и общества, значительно расширить возможности культурологических, искусствоведческих, педагогических, социологических и других исследований, связанных не только с эволюцией, но в определённой степени с самим сохранением национальной и мировой культуры, которая представлена образцами фольклора и классического наследия через примеры музыкального, хореографического, художественного творчества с использованием передовых МКТ.

Это даст возможность проведения более точной расшифровки образцов народного творчества, их систематизации и сохранения для дальнейших исследований, введения в науку и исполнительскую практику, музыкальную педагогику, а также для организации поисковых систем и каталогизации.

Согласованные международные исследования позволят составить наиболее верную картину основных тенденций развития традиционного музыкального искусства.

Список источников

1. Горбунова И. Б., Заливадный М. С. Музыка, математика, информатика: грани взаимодействия: монография. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2017. 295 с.
2. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. The Integrative Model for the Semantic Space of Music: Perspectives of Unifying Musicology and Musical Education // Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship. 2018. No. 4, pp. 55–64. <https://doi.org/10.17674/1997-0854.2018.4.055-064>
3. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. Leonhard Euler's Theory of Music: Its Present-Day Significance and Influence on Certain Fields of Musical Thought // Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship. 2019. No. 3, pp. 104–111. <https://doi.org/10.17674/1997-0854.2019.3.104-111>
4. Gorbunova I. B. The Integrative Model for the Semantic Space of Music and a Contemporary Musical Educational Process: The Scientific and Creative Heritage of Mikhail Borisovich Ignatyev // Laplage em Revista (Sorocaba). 2020. Vol. 6, No. S, pp. 2–13. <https://doi.org/10.24115/S2446-622020206Especial940p.2-13>
5. Зубарева Н. Б. Музыкально-лингвистические универсалии: опыт реализации «искусствометрического» подхода: дис. ... д-ра искусствоведения. Пермь, 2010. 271 с.
6. Горбунова И. Б., Заливадный М. С. О математических методах в исследовании музыки и подготовке музыкантов // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2013. № 1. С. 264–268.
7. Корсакова И. А. Музыкальная информация в контексте музыкальной коммуникации // Достижения вузовской науки. 2013. № 6. С. 27–31.
8. Корсакова И. А. Музыкальная коммуникация: генезис и историко-культурные трансформации: дис. ... д-ра культурологии. М., 2014. 362 с.
9. Минаев Е. А. Музыкально-информационное поле в эволюционных процессах искусства: дис. ... д-ра искусствоведения. М., 2000. 475 с.
10. Полозов С. П. О нулевой эмоциональной и смысловой информативности в авангардной музыке // Авангард, современная и новая музыка: творчество, исполнительство, педагогика: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 2010. С. 154–160.
11. Саргсян М. Э. Синтез кибернетических, философских подходов в осмыслении процесса восприятия музыкальной информации // Современное музыкальное образование –

2010. Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. С. 137–140.

12. Горбунова И. Б., Алиева И. Г. Музыкальное творчество устной традиции: к проблеме сохранения нематериального культурного наследия // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 6. С. 314–318.

13. Алиева И. Г., Горбунова И. Б. Применение нечёткого подхода в исследованиях закономерностей организации и восприятия музыкального текста и музыкально-компьютерные технологии // Региональная информатика и информационная безопасность: сб. трудов Санкт-Петербургской межрегион. конф. «Информационная безопасность регионов России» и Санкт-Петербургской междунар. конф. «Региональная информатика». СПб., 2022. Вып. 11. С. 281–285.

14. Алиева И. Г., Горбунова И. Б. О нечётких методах анализа звуковысотности в музыке // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 3. С. 171–174.

15. Alieva I. G., Gorbunova I. B. Music, Mathematics, Computer Science: Semantic and Technological Problems of Interaction // Regional Informatics and Information Security: Collection of Proceedings of the St. Petersburg Interregional Conference “Information Security of Russian Regions” and St. Petersburg International Conference “Regional Informatics”. St. Petersburg, 2020. Issue 8, pp. 302–304.

16. Буданов В. Г. Трансдисциплинарное образование, технологии и принципы синергетики // Синергетическая парадигма: Многообразие поисков и подходов. М.: Прогресс-Традиция, 2000. С. 285–305.

17. Буданов В. Г. Эволюция дисциплинарного знания как процесс междисциплинарного согласования // Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности. М.: Прогресс-Традиция, 2003. С. 331–340.

18. Киященко Л. П. Синергетика сложности и трансинституциональная матрица инноватики // Синергетическая парадигма: Синергетика инновационной сложности. М.: Прогресс-Традиция, 2011. С. 114–126.

19. Журова Е. Б. Синергетический подход в исследовании музыкального искусства барокко на примере презентации монографии «Смысловые миры музыки Иоганна Себастьяна Баха» // Современное музыкальное образование — 2021: творчество, наука, технологии: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2023. С. 237–244.

20. Горбунова И. Б., Заливадный М. С. Трансдисциплинарный подход к изучению музыкальных явлений: теория вероятностей и её применение к музыкальной теории и практике // Искусствоведение. 2023. № 4. С. 17–32.

21. Горбунова И. Б., Заливадный М. С. Зонная теория музыкального времени и трансдисциплинарный подход к изучению музыкальных явлений // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2023. № 3. С. 8–22. <https://doi.org/10.56620/2782-3598.2023.3.008-022>

22. Демченко А. И. Нетленный Иоганн Себастьян: *Universum* // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2023. № 1. С. 8–22. <https://doi.org/10.56620/2782-3598.2023.1.008-022>

23. Viladot L., Hilton C., Casals A., et al. The Integration of Music and Mathematics Education in Catalonia and England: Perspectives on Theory and Practice // Music Education Research. 2018. Vol. 20, No. 1, pp. 71–82. <https://doi.org/10.1080/14613808.2017.1290595>

24. Pigott T. D., Polanin J. R. Methodological Guidance Paper: High-Quality Meta-Analysis in a Systematic Review // Review of Educational Research. 2019. Vol. 90, No. 1, pp. 24–46. <https://doi.org/10.3102/0034654319877153>

25. Tymoczko D. Hierarchical Set Theory // *Journal of Mathematics and Music*. 2022. Vol. 17, Issue 2, pp. 282–290. <https://doi.org/10.1080/17459737.2021.2008035>

26. Горбунова И. Б., Алиева И. Г. О проекте создания интеллектуальной системы по каталогизации и анализу музыки народов мира // *Общество: философия, история, культура*. 2016. № 9. С. 105–108.

27. Aliyeva I. G., Gorbunova I. B. The Intonational System of Azerbaijani Modes: A Study with the Use of Computer Technologies // *ICONI*. 2022. No. 1, pp. 79–91. <https://doi.org/10.33779/2658-4824.2022.1.079-091>

28. Алиева И. Г., Горбунова И. Б. Россия-Азербайджан: к проблеме сохранения нематериального культурного наследия и музыкально-компьютерные технологии // *Философия образования и диалог поколений: сб. науч. трудов XXIX Междунар. конф. «Ребёнок в современном мире. Диалог поколений»*. СПб., 2023. С. 426–433.

29. Карпов А. А. Аудиовизуальные речевые интерфейсы в ассистивных информационных технологиях: дис. ... д-ра технических наук. СПб., 2013. 325 с.

30. Карпов А. А. Модели и программная реализация распознавания русской речи на основе морфемного анализа: автореф. дис. ... канд. технических наук. СПб., 2007. 18 с.

31. Карпов А. А., Кипяткова И. С. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи // *Известия вузов. Приборостроение*. 2012. Т. 55, № 11. С. 38–43.

32. Карпов А. А., Кипяткова И. С., Ронжин А. Л. Проектирование речевых интерфейсов для информационно-управляющих систем: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2012. 75 с.

33. Aliyeva I. G., Gorbunova I. B., Mezentseva S. V., He Unchuan, Chibirev S. V. Creation of a National Electronic Musical Synthesizer with the Timbres of Traditional Musical Instruments of the Peoples of Russia and the World // *Regional Informatics (RI-2022). Anniversary 18th St. Petersburg International Conference. Proceeding of the Conference*. St. Petersburg, 2022, pp. 292–295.

34. Алиева И. Г., Горбунова И. Б. Международный научно-образовательный центр «Музыкально-компьютерные технологии»: инновационные стратегии информационного общества // *Коммуникативные стратегии информационного общества. Труды XIV Междунар. науч.-теоретич. конф.* СПб., 2022. С. 245–251.

References

1. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. *Muzyka, matematika, informatika: grani vzaimodeistviya: monografiya* [Music, Mathematics, Computer Science: Facets of Interaction: Monograph]. St. Petersburg: Herzen State Pedagogical University of Russia, 2017. 295 p.

2. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. The Integrative Model for the Semantic Space of Music: Perspectives of Unifying Musicology and Musical Education. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2018. No. 4, pp. 55–64. <https://doi.org/10.17674/1997-0854.2018.4.055-064>

3. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. Leonhard Euler's Theory of Music: Its Present-Day Significance and Influence on Certain Fields of Musical Thought. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2019. No. 3, pp. 104–111. <https://doi.org/10.17674/1997-0854.2019.3.104-111>

4. Gorbunova I. B. The Integrative Model for the Semantic Space of Music and a Contemporary Musical Educational Process: The Scientific and Creative Heritage of Mikhail Borisovich Ignatyev. *Laplace em Revista (Sorocaba)*. 2020. Vol. 6, No. S, pp. 2–13. <https://doi.org/10.24115/S2446-622020206Especial940p.2-13>

5. Zubareva N. B. *Muzykal'no-lingvisticheskie universalii: opyt realizatsii "iskusstvometricheskogo" podkhoda: dis. ... d-ra iskusstvovedeniya* [Musical and Linguistic Universals: Experience in Implementing the "Art-Metric" Approach: Dissertation for the Degree of Dr.Sci. (Arts)]. Perm, 2010. 271 p.

6. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. O matematicheskikh metodakh v issledovanii muzyki i podgotovke muzykantov [On Mathematical Methods in the Study of Music and Training of Musicians]. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2013. No. 1, pp. 264–268.

7. Korsakova I. A. Muzykal'naya informatsiya v kontekste muzykal'noi kommunikatsii [Musical Information in the Context of Musical Communication]. *Dostizheniya vuzovskoi nauki* [Achievements of University Science]. 2013. No. 6, pp. 27–31.

8. Korsakova I. A. *Muzykal'naya kommunikatsiya: genesis i istoriko-kul'turnye transformatsii: dis. ... d-ra kul'turologii* [Musical Communication: Genesis and Historical and Cultural Transformations: Dissertation for the Degree of Dr.Sci. (Culturology)]. Moscow, 2014. 362 p.

9. Minaev E. A. *Muzykal'no-informatsionnoe pole v evolyutsionnykh protsessakh iskusstva: dis. ... d-ra iskusstvovedeniya* [Musical and Information Field in Evolutionary Processes of Art: Dissertation for the Degree of Dr.Sci. (Arts)]. Moscow, 2000. 475 p.

10. Polozov S. P. O nulevoi emotsional'noi i smyslovoi informativnosti v avangardnoi muzyke [About the Zero-Level Emotional and Semantic Information Capability in Avant-garde Music]. *Avangard, sovremennaya i novaya muzyka: tvorchestvo, ispolnitel'stvo, pedagogika: sbornik statei po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Avant-garde, Contemporary and New Music: Creativity, Performance, Pedagogy: A Compilation of Articles from the International Practical Research Conference]. Perm, 2010, pp. 154–160.

11. Sargsyan M. E. Sintez kiberneticheskikh, filosofskikh podkhodov v osmyslenii protsessa vospriyatiya muzykal'noi informatsii [Synthesis of Cybernetic, Philosophical Approaches in Understanding the Process of Perception of Musical Information]. *Sovremennoe muzykal'noe obrazovanie — 2010. Materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Modern Music Education — 2010. Materials of the 9th International Scientific and Practical Conference]. St. Petersburg: Herzen State Pedagogical University of Russia, 2011, pp. 137–140.

12. Gorbunova I. B., Alieva I. G. Musical Creativity of Oral Tradition: to the Problem of Conservation of Intangible Cultural Heritage. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2017. No. 6, pp. 314–318. (In Russ.)

13. Alieva I. G., Gorbunova I. B. The Use of the Fuzzy Approach in the Study of the Patterns of Organization and Perception of Musical Text and Musical Computer Technologies. *Regional Informatics and Information Security: Collection of Proceedings of the St. Petersburg Interregional Conference "Information Security of Russian Regions" and St. Petersburg International Conference "Regional Informatics"*. St. Petersburg, 2022. Issue 11, pp. 281–285. (In Russ.)

14. Alieva I. G., Gorbunova I. B. About Unclear Methods of Analysis of Pitch in Music. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2017. No. 3, pp. 171–174. (In Russ.)

15. Alieva I. G., Gorbunova I. B. Music, Mathematics, Computer Science: Semantic and Technological Problems of Interaction. *Regional Informatics and Information Security: Collection of Proceedings of the St. Petersburg Interregional Conference "Information Security of Russian Regions" and St. Petersburg International Conference "Regional Informatics"*. St. Petersburg, 2020. Issue 8, pp. 302–304.

16. Budanov V. G. Transdistsiplinarnoe obrazovanie, tekhnologii i printsipy sinergetiki [Transdisciplinary Education, Technologies and Principles of Synergetics]. *Sinergeticheskaya*

paradigma: Mnogoobrazie poiskov i podkhodov [Synergetic Paradigm: Variety of Searches and Approaches]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2000, pp. 285–305.

17. Budanov V. G. Evolyutsiya distsiplinarnogo znaniya kak protsess mezhdistsiplinarnogo soglasovaniya [Evolution of Disciplinary Knowledge as a Process of Interdisciplinary Coordination]. *Sinergeticheskaya paradigma. Chelovek i obshchestvo v usloviyakh nestabil'nosti* [Synergetic Paradigm. Man and Society in Conditions of Instability]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2003, pp. 331–340.

18. Kiyashchenko L. P. Sinergetika slozhnostnosti i transinstitutsional'naya matritsa innovatiki [Synergetics of Complexity and the Transinstitutional Matrix of Innovation]. *Sinergeticheskaya paradigma: Sinergetika innovatsionnoi slozhnosti* [Synergetic Paradigm: Synergetics of Innovative Complexity]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2011, pp. 114–126.

19. Zhurova E. B. Sinergeticheskii podkhod v issledovanii muzykal'nogo iskusstva barokko na primere prezentatsii monografii “Smyslovye miry muzyki Ioganna Sebast'yana Bakha” [Synergetic Approach to the Study of Baroque Musical Art Using the Example of the Presentation of the Monograph “The Meaningful Worlds of the Music of Johann Sebastian Bach”]. *Sovremennoe muzykal'noe obrazovanie — 2021: tvorchestvo, nauka, tekhnologii: materialy XX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Contemporary Musical Education — 2021: Creative Work, Research and Technology: Materials of the 20th International Research and Practical Conference]. St. Petersburg, 2023, pp. 237–244.

20. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. The Trans-disciplinary Approach to the Study of Musical Phenomena: Probability Theory and its Application to Musical Theory and Practice. *Art Criticism*. 2023. No. 4, pp. 17–32. (In Russ.)

21. Gorbunova I. B., Zalivadny M. S. The Zonal Theory of Musical Time and the Trans-Disciplinary Approach to the Study of Musical Phenomena. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2023. No. 3, pp. 8–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.56620/2782-3598.2023.3.008-022>

22. Demchenko A. I. The Imperishable Johann Sebastian: *Universum*. *Problemy muzykal'noi nauki / Music Scholarship*. 2023. No. 1, pp. 8–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.56620/2782-3598.2023.1.008-022>

23. Viladot L., Hilton C., Casals A., et al. The Integration of Music and Mathematics Education in Catalonia and England: Perspectives on Theory and Practice. *Music Education Research*. 2018. Vol. 20, No. 1, pp. 71–82. <https://doi.org/10.1080/14613808.2017.1290595>

24. Pigott T. D., Polanin J. R. Methodological Guidance Paper: High-Quality Meta-Analysis in a Systematic Review. *Review of Educational Research*. 2019. Vol. 90, No. 1, pp. 24–46. <https://doi.org/10.3102/0034654319877153>

25. Tymoczko D. Hierarchical Set Theory. *Journal of Mathematics and Music*. 2022. Vol. 17, Issue 2, pp. 282–290. <https://doi.org/10.1080/17459737.2021.2008035>

26. Gorbunova I. B., Alieva I. G. Concerning the Project of Intellectual System of Cataloguing and Analysing of the World's Peoples Music. *Society: Philosophy, History, Culture*. 2016. No. 9, pp. 105–108. (In Russ.)

27. Aliyeva I. G., Gorbunova I. B. The Intonational System of Azerbaijani Modes: A Study with the Use of Computer Technologies. *ICONI*. 2022. No. 1, pp. 79–91. <https://doi.org/10.33779/2658-4824.2022.1.079-091>

28. Aliyeva I. G., Gorbunova I. B. Rossiya-Azerbaidzhan: k probleme sokhraneniya nematerial'nogo kul'turnogo naslediya i muzykal'no-komp'yuternye tekhnologii [Russia-Azerbaijan: to the Problem of Preserving Intangible Cultural Heritage and Musical Computer Technologies]. *Filosofiya obrazovaniya i dialog pokolenii: Sbornik nauchnykh trudov XXIX*

Mezhdunarodnoi konferentsii “Rebenok v sovremennom mire. Dialog pokolenii” [Philosophy of Education and Dialogue of Generations: Collection of Scientific Papers of the 29th International Conference “Child in the Modern World. Dialogue of Generations”]. St. Petersburg, 2023, pp. 426–433.

29. Karpov A. A. *Audiovizual'nye rechevye interfeisy v assistivnykh informatsionnykh tekhnologiyakh: dis. ... d-ra tekhnicheskikh nauk [Audiovisual Speech Interfaces in Assistive Information Technologies: Dissertation for the Degree of Dr.Sci. (Technics)]. St. Petersburg, 2013. 325 p.*

30. Karpov A. A. *Modeli i programmaya realizatsiya raspoznavaniya russkoi rechi na osnove morfemnogo analiza: avtoref. dis. ... kand. tekhnicheskikh nauk [Models and Software Implementation of Russian Speech Recognition Based on Morphemic Analysis: Thesis of Dissertation for the Degree of Cand.Sci. (Technics)]. St. Petersburg, 2007. 18 p.*

31. Karpov A. A., Kipyatkova I. S. *Metodologiya otsenivaniya raboty sistem avtomaticheskogo raspoznavaniya rechi [Methodology for Assessing the Performance of Automatic Speech Recognition Systems]. Izvestiya vuzov. Priborostroenie = Journal of Instrument Engineering. 2012. Vol. 55, No. 11, pp. 38–43.*

32. Karpov A. A., Kipyatkova I. S., Ronzhin A. L. *Proektirovanie rechevykh interfeisov dlya informatsionno-upravlyayushchikh sistem: uchebnoe posobie [Designing Speech Interfaces for Information Management Systems: A Tutorial]. St. Petersburg: GUAP, 2012. 75 p.*

33. Alieva I. G., Gorbunova I. B., Mezentseva S. V., He Unchuan, Chibirev S. V. *Creation of a National Electronic Musical Synthesizer with the Timbres of Traditional Musical Instruments of the Peoples of Russia and the World. Regional Informatics (RI-2022). Anniversary 18th St. Petersburg International Conference. Proceeding of the Conference. St. Petersburg, 2022, pp. 292–295.*

34. Alieva I. G., Gorbunova I. B. *International Research and Educational Centre “Musical Computer Technologies”: Innovative Strategies of the Information Society. Communication Strategies of the Information Society: Proceedings of the 14th International Scientific-Theoretical Conference, November 17–18, 2022. St. Petersburg, 2022, pp. 245–251. (In Russ.)*

Информация об авторах:

И. Б. Горбунова — доктор педагогических наук, главный научный сотрудник научно-методической Лаборатории музыкально-компьютерных технологий, профессор кафедры цифрового образования.

М. С. Заливадный — кандидат искусствоведения, старший научный сотрудник.

Information about the authors:

Irina B. Gorbunova — Dr.Sci. (Pedagogy), Chief Researcher of the Scholarly-Methodological Laboratory of Musical Computer Technologies, Professor at the Department of Digital Education.

Mikhail S. Zalivadny — Cand.Sci. (Arts), Senior Research Associate.

Поступила в редакцию / Received: 04.06.2024

Одобрена после рецензирования / Revised: 24.06.2024

Принята к публикации / Accepted: 26.06.2024