

Виолетта Николаевна Юнусова

violetta_yunusov@mail.ru

Доктор искусствоведения, профессор кафедры истории зарубежной музыки Московской государственной консерватории имени П. И. Чайковского, член Международного Совета по традиционной музыке при ЮНЕСКО (ICTM), член Совета группы по изучению музыки тюркоязычных народов ICTM

Violetta N. Yunusova

violetta_yunusov@mail.ru

Professor of the Foreign Music History Department of the Moscow State P. I. Tchaikovsky Conservatory, Member of the International Council for Traditional music related with UNESCO (ICTM), Board Member of the Study Group on the Music of the TurkicSpeaking People of ICTM

Традиционная инструментальная музыка Европы и Азии в компьютерных исследованиях ISMIR: взгляд этномузыковеда

Аннотация

В статье рассматриваются возможности применения современных компьютерных методов исследования традиционной инструментальной музыки Европы и Азии, сформированные в рамках компьютерной этномузыкологии (CE). В центре внимания находится деятельность Международного научного сообщества поиска музыкальной информации (ISMIR), акцент сделан на работах последнего десятилетия. В представленных трудах анализируются достоинства и недостатки методов с точки зрения этномузыковедения.

Ключевые слова

Этномузыковедение, компьютерная этномузыкология, ISMIR, традиционная инструментальная музыка Европы и Азии, компьютерная этноорганология

Traditional instrumental music of Europe and Asia in ISMIR computer studies: an ethnomusicologist's perspective

Abstract

This article discusses the possibilities of applying modern computer-based research methods of traditional instrumental music of Europe and Asia, formed within the framework of computer ethnomusicology (CE). The activities of the International Society Music Information Retrieval (ISMIR) are in focus, with an emphasis on works from the last decade. The presented works analyze the advantages and disadvantages of the methods from the ethnomusicological point of view. The focus is on the activities of the International Scientific Community for Music Information Retrieval (ISMIR). The focus is on the works of the last decade: the presented works analyse the advantages and disadvantages of the methods from the perspective of ethnomusicology.

Keywords

Ethnomusicology, computer ethnomusicology, ISMIR, traditional instrumental music of Europe and Asia, computer ethnoorganology

Исследования традиционных музыкальных инструментов и инструментальной музыки обрели новые возможности в рамках научной дисциплины — компьютерной этномузыкологии (CE) [15; 4], обозначенной в качестве отдельного направления в 2007 году, хотя первые компьютерные исследования традиционной музыки начались уже в 60-е годы XX века [3, 174]. Одной из главных задач компьютерной этномузыкологии становится разработка технологий, инструментов для составления архивов и помощи ученым-этномузыковедам. Для этой цели использовалась технология извлечения музыкальной информации (Music Information Retrieval (MIR), «которая была интегрирована в практику этномузыковедческих исследований» [15, 1–2]¹.

Систематические исследования традиционной музыки народов разных стран мира стали регулярно проводиться силами Международного научного сообщества поиска музыкальной информации (ISMIR, International Society Music Information Retrieval) с 2000 года. Общество проводит ежегодные конференции в разных странах мира и размещает материалы на своем сайте в Интернете [11].

Многолетние исследования ученых данного сообщества в области традиционной инструментальной музыки Европы и Азии недостаточно известны в нашей стране, однако достойны специального внимания и обобщения. В технологическом плане они частично рассмотрены в нескольких разделах фундаментального труда А. В. Харуто «Компьютерный анализ звука в музыкальной науке», где проанализированы первые 12 лет работы ISMIR [3, 176–202]. Поэтому нами затрагиваются лишь некоторые исследования более раннего времени, акцент делается на работах последнего десятилетия (2013–2023).

Основная масса материалов конференций ISMIR посвящена проблемам методологического характера: способам и техникам поиска музыкальной информации; объединению различных компьютерных систем анализа звука в музыке (в 2004 году была создана единая система для анализа фонограмм MIREX) [3, 177]; созданию различных баз данных; автоматической транскрипции музыки; стилевой классификации и различным аспектам академической музыки, джаза, поп-музыки; разработке программ компьютерного аккомпанемента, аранжировке, цифровой идентификации исполнителей различных жанров и др. Анализируя работы ISMIR, А. В. Харуто отметил использование в них различных методов, в том числе, алгоритмов, основанных «на сопоставлении с образцами (паттернами)», «методы проверки “похожести” <...> автоматическое распознавание эмоциональной окраски и т. д.» [3, 195].

Во многих статьях речь идет об академической тональной музыке, тем не менее традиционная музыка занимает значительное место в работе сообщества. Традиционная музыка Европы в основном представлена песенными жанрами, только единичные исследования затрагивают проблемы инструментализма. Исследования музыки Азии, напротив, представляют преимущественно инструментальный материал. В количественном отношении можно констатировать примерно равное число работ по традиционной музыке Европы и Азии, но для инструментальной музыки возникает иная пропорция (9 статей — Европа и 30 — Азия). Россия пока еще не представлена в данном сообществе, хотя традиционная музыка нашей страны упоминается в статье об этно-музыкальной онтологии [12].

Среди сформировавшихся направлений, актуальных для изучения традиционной инструментальной музыки Европы и Азии, можно отметить:

- разработку и совершенствование методологии компьютерных исследований;
- составление электронных каталогов образцов традиционной инструментальной музыки;
-

¹ Здесь и далее перевод мой — В. Ю.

- поиск образцов по определенным выделенным мелодико-ритмическим паттернам;
- исследование мелодики, ритмики, темпа, строя и других музыкально-грамматических параметров;
- автоматическую транскрипцию.

Преобладание в исследованиях ISMIR западной академической музыки повлияло на тот факт, что основная методология и инструменты исследований были выработаны на соответствующем материале и далеко не всегда способны отразить своеобразие традиционной музыки, что способствует поискам новых технологий. В рамках статьи невозможно дать обзор всех работ, поэтому остановимся на некоторых из них.

В нескольких работах ученых сообщества обсуждаются вопросы поиска подходов к изучению разных культур. В статье испанского ученого Хавьера Серры рассматривается мультикультурный подход к исследованию музыкальной информации [16]. Его волнует указанный ранее факт преобладания западноцентричного подхода (a western-centered approach) в исследовании музыки разных культур мира². Для преодоления этой ситуации им и группой ученых предлагается проект по созданию вычислительных моделей для открытия музыки мира (CompMusic: Computational Models for the discovery of the world's music), учитывающий также специфику культур Азии (Китай, Индия, Турция, Индонезия, страны арабского мира). Автор справедливо отмечает несовершенство MIR и при анализе «классической, народной и других западных музыкальных традиций, для которых нынешние методики MIR не работают» [16, 152].

Он предлагает, по сути, комплексное изучение феноменов, в том числе традиционной культуры, где техническое моделирование будет производиться с учетом культурного контекста и достижений целого ряда гуманитарных наук. При этом Серра выделяет особые, отличные от западных, характеристики звука азиатских инструментов, иные музыкально-грамматические характеристики, не укладывающиеся в западные понятия мелодии, ритма и пр., условность европейской системы записи, не отражающую микротоновость азиатских культур (добавим, как и европейской традиционной музыки). Х. Серра призывает учитывать данные музыковедческих исследований при компьютерном моделировании [16, 154]. Отмечу, что это же было впоследствии сделано турецкими, иранскими учеными (подробнее — далее) и, независимо от ISMIR, российским ученым, кандидатом технических наук, доцентом А. В. Харуто (1949–2021) в рамках наших совместных проектов и его сотрудничества с другими этномузыковедами [3; 5].

Вопросы онтологии этномузыки на материале весьма странно подобранных и сильно различающихся традиций (голландских народных песен, реконструкции русских сельских традиций и персидской классической музыки) обсуждаются в совместной статье Полины Пруцковой, Дьердя Фазекаш (Великобритания), Ани Волк (Нидерланды), Пейман Гейдаряна (Новая Зеландия). Ученые рассматривают совершенствование MIR и расширение технических возможностей за счет включения в поле анализа самых разных культур, часто представляющих «сложные, нестандартные наборы данных и примеры, демонстрирующие ограничения существующих подходов MIR» [12, 923]. Авторы предлагают применение онтологического подхода, уточняя его специфику в информатике, как «концептуальных знаний о сущностях и их отношениях <...>, выраженных с помощью обрабатываемого машиной формального языка» [12, 924].

В данной статье встречается редкий в ISMIR пример русской музыки, однако его характеристика дана не совсем ясно и гораздо менее подробно, чем описание других образцов. Остается загадкой, что имеется ввиду под *русской сельской музыкой* (Russian

² Крупнейший российский этномузыковед и органист И. В. Мацеевский отмечает ориентированность на западную академическую музыку в истоках органистологии в целом: «современная органистология выросла на базе инструментоведения европейской классической музыки, структурные и функциональные признаки которой были возведены в абсолют как музыки вообще» [2, 55].

village music), которая определяется как «полифоническая вокальная традиция, распространенная в Восточной Европе» и других частях света [12, 924].

Анализ выбранных образцов производится по культурному контексту, музыкальному контенту и семантическим моделям. Моделирование важно для составления музыкальных коллекций, архивов, что позиционировалось в качестве одной из первоначальных задач компьютерной этномузыкологии. При этом в компьютерных исследованиях отмечена недостаточность описаний культурного контекста, взаимоотношений между частями репертуара, традиционными музыкантами [12, 927]. В процессе моделирования также возникают сложности с интерпретацией изменений в инструментальных образцах традиционной музыки (в процессе устного бытования и передачи традиции от исполнителя к исполнителю) [12, 928]. Замечу, что для этномузыковедов не составит труда на слух различить вариант мелодии или новую мелодию, но в отношении компьютерного анализа здесь имеется определенная ограниченность возможностей распознавания и трактовки. Поэтому в работе для сравнения аудиозаписей выявляются акцентированные тоны в качестве некоего инварианта, позволяющего машине определить идентичность или различие образцов. Сложность моделирования в области инструментальной музыки и инструментов объясняется их разнообразием, существенными культурными различиями, поэтому создание кросс-культурной таксономии музыкальных инструментов, в которой учитывалась бы и точная датировка, крайне сложно в отношении многих культур [12, 928–929].

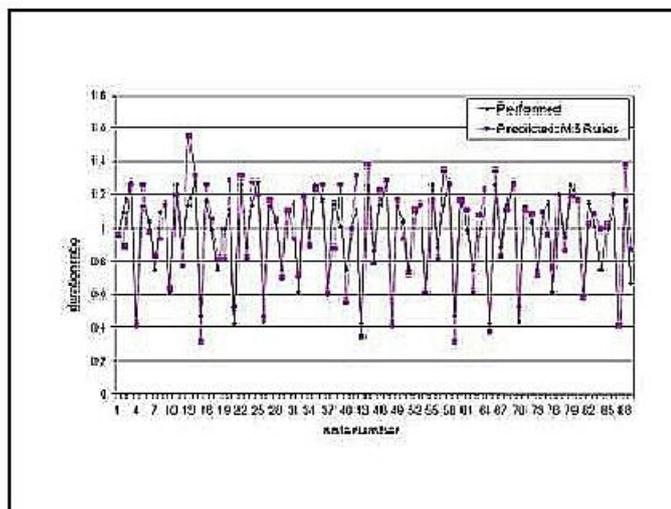
Проблема автоматической классификации этномузыкальных аудиозаписей по инструментам обсуждалась на 15-ой конференции общества. Группа французских исследователей из Университета Бордо (Доминик Фурье, Жан-Люк Руас, Пьер Ханна и Маттиас Робин) опирались в своей работе на классификацию тембровых характеристик аудиосигнала по принципу сходства и на этой основе предложили создавать базы данных для последующей работы с ними этномузыковедов. [9]. Подчеркивая сложность работы с тембром в компьютерных исследованиях, авторы справедливо заметили, что в большинстве созданных баз использованы исключительно западные инструменты, что ограничивает возможности исследований. Данная группа основывает свою работу на постоянно пополняющейся базе данных Центра исследований этномузыкологии (Centre de Recherche en Ethno-Musicologie, CREM), содержащем более 7000 часов аудиозаписей музыки, начиная с 1932 года [9, 295]. Версии сигналов приближены к соответствующим человеческому восприятию звуков.

Основываясь на всемирно известном методе классификации музыкальных инструментов Хорнбостеля-Закса, они использовали предложенный еще в 2003 году алгоритм проекции пространства признаков IRMFSP (the Inertia Ratio Maximization using Feature Space Projection algorithm) для тембровой классификации больших баз данных звуков музыкальных инструментов. Точность в определении инструментов составила 80%, в то время как в других исследованиях на основе объединенных баз данных точность не превышала 70%. Авторы подчеркивают влияние базы данных на получаемый результат и необходимость предварительной работы исследователя по ограничению признаков для классификации [9, 299–300].

Немногочисленные работы ISMIR посвящены проблеме автоматической транскрипции традиционной музыки. Главная проблема заключается в том, что многие существующие программы используют шкалу равномерно темперированного строя, не охватывающего многие важные аспекты — нотная запись чаще «подгоняется» под равномерно-темперированный строй. Проблема также возникает в транскрипции многоголосной музыки, актуальной для инструментальных образцов. Данную проблему эффективнее решают на материале культур Азии (подробнее — далее).

Среди исследований по инструментальной музыке Европы можно отметить работы по греческой, ирландской и кельтской музыке. Идентификации музыканта по исполнительскому стилю в записях популярных кельтских жиг для скрипок посвящена

статья группы испанских исследователей Рафаэля Рамиреса, Альфонса Переса и Стефана Керстена (Университет Помпеу Фабра, Барселона) [13]. В параметры исполнительского стиля авторы включили отражение музыкального содержания (сомнительно для компьютерных методов, и в статье не отражается — *примечание мое* — В. Ю.), изменения темпа, амплитуды и звуковысотные параметры отклонения от зафиксированного нотного текста кельтских жиг. Одной из целей становится «автоматическое обнаружение закономерностей и выразительных паттернов для каждого исполнителя» [13, 483]. Все это объединяется понятием экспрессии. Применяя методы статистики, математического моделирования, авторы производят сегментацию нот и вычисление спектральной области в различных частотных диапазонах, выделение мелодических паттернов, которые сравниваются у двух исполнителей. Компьютер четко показывает разницу между ожидаемыми (известными по нотной записи) и реальными звуками у каждого исполнителя, причем оба исполнителя не играют точно по нотному тексту. На следующем примере приведен анализ первого исполнителя (черным цветом обозначены ожидаемые звуки, малиновым — реальные):



Пример 1. Ожидаемые и реальные звуки в исполнении жиги [13, 487].

Применяемый исследователями подход может быть полезен для идентификации неатрибутированных записей в аудио коллекциях, однако по отношению к музыке устной традиции он нуждается в доработке, в частности, в выборе эталонной версии для анализа. Выбор нотного текста при использовании данной функции, на мой взгляд, отнюдь не бесспорен.

В ракурсе проблем анализа вариационных изменений и семантической маркировки частей мелодий ирландской традиционной музыки посвящено исследование ирландских ученых Киллиана Келли, Микеля Гейндза, Дэвида Доррана и Юджина Койла. Авторы, указав, что были проанализированы 70 образцов ирландских традиционных мелодий [8, 133], не дают атрибутику материала, поэтому из текста трудно понять о каком жанре, локации и конкретных исполнителях идет речь. Подобный недостаток присущ многим статьям, в написании которых не принимали участие этномузыковеды.

Отмечая важную роль вариационности в традиционных ирландских мелодиях, авторы выявляют тоны, которые остаются неизменными во всех вариантах, обозначая их как акцентированные (*accented tones*). Они используются для машинного определения эквивалентности разделов мелодии, а также для определения участков вариационных изменений [8, 131]. В анализе также используются метроритмические показатели (*beat tracking*), подчеркивающие неизменные тоны. Правильный расчет количества

акцентированных тонов, точность отслеживания ритма важны для создания матрицы сходства частей [8, 134].

Как подчеркивается данной группой ученых, структурная сегментация может помочь исследователю не только в определении формы, но и в быстром доступе к необходимому фрагменту аудиозаписи. Кроме того, имеется опция многократного воспроизведения определенного сегмента с помощью лулов (lops), что безусловно рационально. Полезным может оказаться и выделение определенных образцов аудиозаписи, поскольку в реальной практике они часто исполняются непрерывно. Предлагаемый подход, на мой взгляд, применим для анализа как вокальной, так и инструментальной музыки.

Другая группа ирландских ученых из Дублина (Брайан Дагган, Брендан О'Ши, Микель Гейнца и Падрейг Каннингем) исследует проблему машинного аннотирования наборов ирландских танцевальных мелодий. Ими также предлагается математический алгоритм определения порядка мелодий, исполняемых друг за другом без паузы на деревянной флейте и жестяной свистулке (точные названия инструментов не указаны) [7]. Авторы подчеркивают важность адаптации и развития технологий MIR для работы с традиционной музыкой и отсутствие таких технологий для работы с ирландской танцевальной музыкой. В их разработке отмечена сложность, вызываемая индивидуальной орнаментикой традиционных исполнителей и ее особенностями, связанными с технико-акустическими параметрами музыкального инструмента, при том, что «орнаментика играет ключевую роль в индивидуальной интерпретации в традиционной ирландской музыке» [7, 402]. В самой технологии в данном случае использовалась нотация, что, на мой взгляд, значительно нивелирует индивидуальный подтекст музыканта, применяющего микротоновые «сдвиги», не отражаемые в нотации.

В исполнительских версиях десяти традиционных музыкантов, игравших на флейте, свистке и для сравнения — на ирландской скрипке (fiddle), машина корректно определила 86% мелодий; в отношении определенных мелодий точность доходила до 96% [7, 404]. Предложенная авторами технология может оказаться полезной для поисковой системы и создания коллекций аудиозаписей традиционной музыки.

Частично работы общества, посвященные музыке культур Азии и опубликованные до 2012 года включительно, были рассмотрены в упомянутой монографии А. В. Харуто. В последующие 10 лет вышло 14 статей (из ранее указанных 30 статей об инструментальной музыке Азии за весь период существования ISMIR). Помимо общеметодологических проблем в них исследуется широко представленный в Азии пласт традиционного профессионализма и классической музыки устной или устно-письменной традиции: индийская классическая музыка *рагсангит*, турецкий *макам*, иранские *дастгах*, китайская музыка для цитры *цин*. В основном представлены четыре культуры (индийская, турецкая, иранская и китайская). Группы исследователей из этих стран часто работают совместно с учеными Австрии, Испании, США, Великобритании. Круг затрагиваемых тем в целом совпадает с обозначенным в начале статьи.

На основе анализа материалов по инструментальной музыке Азии в рамках ISMIR мною была составлена таблица исследований, выполненных в течение последних десяти лет (Пример 2).

Отличительной чертой данных работ можно считать участие ученых-этномузыковедов, историков, работавших вместе с IT специалистами. В большинстве из них, как и в европейских, исследовались монофонические примеры.

В индийской классической музыке *рагсангит* исследовались как северная (*хиндустани*), так и южная (*карнатак*) традиции. Среди инструментов особое внимание уделялось щипковым хордофонам — *ситару*, *сароду*, а также парному барабану *табла*, обеспечивающему ритмический каркас *раги*. Исследовался ряд проблем, связанных с визуализацией аудиозаписей, выявлением реального звукоряда, составлением классификаторов и сводных таблиц характерных штрихов *табла*. Также следует отметить

ряд аналитических исследований по выявлению мелодических паттернов, структурной сегментации и иерархической классификации форм индийской классической музыки.

| Год | Страна | Авторы | Тема |
|------|-----------------------|--|---|
| 2013 | Турция-Великобритания | Эммануил Бенетос, Андре Хольцапфель | Автоматическая транскрипция турецкой макампной музыки |
| | Индия, США | Пранай Дигхе, Хариш Карник, Бхикша Раджгхе | Структурный анализ на основе гистограммы свары и идентификации индийских классических раг |
| | Индия | Виньеш Ишвар, Шрей Дутта, Ашвин Беллур, Хема А Мурти | Определение мотива в алапане индийской классической музыки Карнатак |
| | Индия | Ранджани Х.Г., Т.В. Шринивас | Иерархическая классификация форм в музыке Карнатак |
| | Индия, США | Парул Агарвал, Хариш Карник, Бхикша Радж | Сравнительное исследование индийских и западных музыкальных форм |
| | Испания | Сертан Сентюрк, Санкалп Гулати, Ксавьер Серра | Оценка идентификации тоники в макамп-музыке Турции |
| 2015 | Индия, Испания | Свапнил Гупта, Аджай Шринивасамурти, Манодж Кумар, Ксавьер Серра | Обнаружение силлабических ударных паттернов в записях таблы соло. |
| 2016 | Индия, США | Винутха Т.П., Сурьянараяна Сннкагири, Каустув Канти Гангули, Прити Рао | Структурная сегментация и визуализация аудио концертов ситара и сарода |
| | Испания | Георгий Джамбазов, Аджай Шринивасамурти, Сертан Сентюрк, Ксавьер Серра | Об использовании наборов нот для улучшения соответствия текста звуку в турецкой музыке Makam. |
| 2017 | Индия, США | Криш Наранг, Прити Рао | Акустические характеристики для определения совершенной таблицы ударов табла. |
| 2020 | Китай | Ю-Фен Хуан, Джен-И Лян, И-Цзе Вэй, Ли Су | Совместный анализ модуса и способа звукоизвлечения на цине, произведенный машинным обучением |
| 2021 | Индия, США | Рохит М.А., Амитраджит Бхаттачарджи, Прити Рао | Четырёхсторонняя классификация штрихов табла с моделями, адаптированными из автоматической транскрипции ударных |
| 2022 | Австрия | Бабак Никзат, Рафаэль Каро Репетто | KDC: Открытый корпус для компьютерных исследований музыки дастгах. |
| 2023 | Индия, США | Пранай Дигхе, Хариш Карник, Бхикша Радж | Структурный анализ на основе гистограммы Свары и идентификация индийских классических раг. |

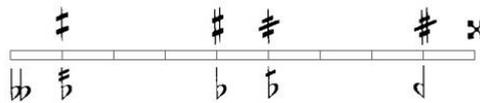
Пример 2. Статьи по инструментальной музыке Азии 2013–2021.

Так, индийские ученые Рохит М. А., Амитраджит Бхаттачарджи и Прити Рао применяют методы компьютерного анализа парного барабана *табла*. Для своей работы они адаптируют методы и базы, созданные для анализа и автоматической транскрипции западных барабанов, и расширяют количество характеристик «отдельных и составных ударов меняющегося тембра» так называемых болов (bols) [14, 19]. Сложности создания универсальной автоматической классификации заключались среди прочих факторов в различиях конкретных инструментов, а также в индивидуальных особенностях игры музыкантов. Для классификации по акустическим характеристикам использовались записи музыкантов, игравших на семи различающихся по настройке наборах *табла* (анализировалось 26600 болов). При этом учитывались данные этномузыковедческих исследований по комбинации, наличию или отсутствию резонирующих высоких частот правого и низких частот левого, а также затухающих частот обоих барабанов [14, 19–20].

Предложенное авторами сочетание технологий 1-полосной и 3-полосной модели CNN [тип нейронных сетей для обработки данных с пространственной структурой, в том числе, музыки — В. Ю.] дало более точный результат и помогло сформировать четырехстороннюю автоматическую классификацию штрихов *табла*, что значительно облегчит труд как исследователя данного инструмента, так и индийской классической музыки в целом.

В турецкой классической музыке ученых интересовали проблемы автоматической транскрипции, создания базы данных для поиска музыкальной информации, выявление на основе статистических данных распределения основного тона в макальном звукоряде, сравнения теоретического лабораторного звукоряда и реального в процессе исполнения, выявление ритмических паттернов классической музыки, проблема их константности или изменчивости в звучащем тексте.

Исследователи Эммануил Бенетос и Андре Хольцапфель (Турция, Великобритания) предложили свою систему автоматической транскрипции, основанную на акустически-интонационной специфике этой традиции. Предложенный ими алгоритм рассчитан на фиксацию интервала в 20 центов [10, 355–356]. Эти микроинтервалы в пределах целого тона фиксировались с помощью 9 специальных знаков, основанных на модификации бемоля и диеза, их предлагается вносить в европейскую нотацию, которая используется музыкантами на практике для запоминания пьес:



Пример 3. Знаки микроальтерации внутри целого тона [10, 356].

Замечу, что в турецкой, арабской, таджикской, узбекской и других культурах запись музыки в пятилинейной нотации служит своеобразным мнемоническим кодом для запоминания, а конкретные интервалы осваивается устным методом. В исполнительской практике такие знаковые обозначения вряд ли найдут широкое применение (авторы также указывают на использование музыкантами только четырех знаков), но для исследования объективные данные об используемых интервалах безусловно представляют большой интерес. В далеких 1970-х годах подобные, хотя и не рассчитанные на точное цифровое наполнение, универсальные знаки микроальтерации (УЗМА) были предложены для аналитической записи инструментальной музыки славянских и других народов крупнейшим российским этномузыкологом И. В. Мацеевским [1].

Исследования по иранской классической музыке *дастгах*, бытующей в устной традиции, охватывают проблемы создания *открытого корпуса исследования дастгах* (KDC). Ключевым моментом создания корпуса стало участие этномузыковедов и музыкантов-практиков, которые считаются соавторами данного проекта. Многие музыканты специально для компьютерных исследований делали аудиозаписи отдельных разделов и подразделов цикла, в дальнейшем эти аудиозаписи использовались в качестве эталона в процессе классификации материала [6, 322–323]

Ученые Бабак Никзат и Рафаэль Каро Репетто отмечают разрозненность и недоступность баз данных, на которых были выполнены предшествующие немногочисленные компьютерные исследования классической иранской музыки *дастгах*. Поэтому главной целью KDC они главной задачей ставят «создание последовательной линии вычислительных исследований иранской музыки *дастгах* путем предоставления открытого <...> корпуса высококачественных записей», на основе которого могут осуществляться последующие работы [6, 322]. Целью исследования также является

проверка возможностей современных технологий, применяемых к этой музыкальной традиции.

В число параметров включены прежде всего модальные аспекты, специфические инструментальные и вокальные исполнительские приемы, ритмические периоды, микротоновые особенности лабораторного звукоряда и реального звучания. Изучались сольные образцы, исполненные на хордофонах *таре*, *сантуре*, *сетаре*, *кеманче*, аэрофоне *нае* на материале семи циклов *дастгах* и пяти *авазе*. В отличие от многих западных исследований в данной работе точно указаны имена всех музыкантов, участвовавших в создании корпуса. В отношении специфики инструментов было отмечено, что для целей компьютерного исследования лучше подходят записи флейты *най*, струнные инструменты требуют доработки технологий компьютерного анализа [6, 324]. Исследователи не прибегали к нотной транскрипции, в качестве эталона для сравнений каждый музыкант записывал отдельный файл, который затем сравнивали с последующими исполнениями образцов. При этом у всех музыкантов были выявлены колебания высоты тонов мелодических структур в пределах от 3,19 до 37,07 центов [6, 325], т. е. микроинтервалы, которые невозможно зафиксировать в нотной записи, но которые принципиально важны для понимания исполнительского стиля, мелодической специфики и функционирования модальных структур классической иранской музыки.

Китайские и корейские ученые большей частью исследуют вокальную музыку. Из единичных работ в области инструментальной музыки можно отметить совместную статью Ю-Фен Хуана, Джен-И Ляна, И-Цзе Вэя и Ли Су, посвященную технике игры на китайской цитре *цин* (*guqin*) [17]. Замечу, что ней находит подтверждение одно из положений системно-этнофонического метода И. В. Мациевского об отражении технико-акустических параметров инструмента в структуре и музыкальном языке исполняемой на нем музыки [2, 59]. Авторы исследования, в частности, пишут: «Глобальная тональная структура и локальная конфигурация техники игры взаимосвязаны в исполнении» [17, 85]. В работе осуществляется классификация приемов игры на инструменте с учетом индивидуального исполнительского стиля нескольких музыкантов, что может быть использовано для обучения. К сожалению, аутентичные названия штрихов *циня* не приводятся — только европейские обозначения.

Таким образом, расширение круга изучаемых традиционных культур способствует совершенствованию методов компьютерных исследований, важную роль в проведении которых играют не только IT специалисты, но и ученые-этномузыковеды. Их совместная работа становится актуальной и деятельность международного сообщества ISMIR в этом отношении представляет большой интерес.

Исследователи традиционной музыки Европы и Азии часто имеют дело с акустическим текстом (А. С. Соколов), получить объективные данные его параметров как раз помогают компьютерные методы исследования. Эта задача актуальна и для России, где, по словам А. В. Харуто, «традиционная устная культура сохранилась лучше [чем в Европе — *комментарий мой* — В. Ю.], и точный анализ народного пения и инструментальной музыки представляет интерес для музыковедов» [3, 216].

Пройдя путь от вспомогательного средства помощи этномузыковеду, компьютерные исследования сегодня составили отдельное направление (СЕ) со своей методологией и подходами на основе объективных точных данных, в том числе к традиционной инструментальной музыке. Международное сообщество поиска музыкальной информации (ISMIR) со времени своего основания в 2000 году внесло значительный вклад в развитие данного направления и консолидации ученых всего мира. В области традиционной инструментальной музыки в его рамках сформировалось новое научное направление — *компьютерная этноорганоология*, продолжающая активно развиваться в наши дни.

Литература

1. *Мацневский И. В.* Исследовательские проблемы транскрипции инструментальной народной музыки // Традиционное и современное народное музыкальное искусство. Вып. XXIX / ред.-сост. канд. иск. Б. Б. Ефименкова. М.: ГМПИ им. Гнесиных, 1976. С. 5–56.
2. *Мацневский И. В.* Формирование системно-этнофонического метода в органологии // Методы изучения фольклора: Сборник научных трудов / отв. ред. докт. истор. наук В. Е. Гусев. Ленинград: ЛГИТМиК, 1983. С. 54–63.
3. *Харуто А. В.* Компьютерный анализ звука в музыкальной науке. М.: Научно-издательский центр «Московская консерватория», 2015. 448 с.
4. *Харуто А. В., Юнусова В. Н.* Компьютерная этномузыкалогия: задачи, методы, результаты // Музыкальная академия, 2020. № 3. С.163–177.
5. *Юнусова В. Н.* Традиционная музыка Азии в компьютерных исследованиях Александра Харуто: памяти ученого // Вестник МГИМ имени А. Г. Шнитке, 2023, № 4. С. 50–61.
6. *Babak N., Repetto R. C.* KDC: an open corpus for computational research of dastgāhi music. Proceedings of the 23rd International Society for Music Information Retrieval Conference, 2022, 321–328. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7316660> (дата обращения: 8.07.2024).
7. *Duggan B., O'Shea B., Gainza M., Cunningham P.* Machine Annotation of Sets of Traditional Irish Dance Tunes. Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval, 2008, 401–406. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1415106> (дата обращения: 8.07.2024).
8. *Cillian K., Gainza M., Dorrán D., Coyle E.* Locating tune changes and providing a semantic labelling of sets of Irish traditional tunes. Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2010, 129–134. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1418303> (дата обращения: 8.07.2024).
9. *Fourer D., Rouas J., Hanna P., Robine M.* Automatic Instrument Classification of Ethnomusicological Audio Recordings. Proceedings of the 15th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2014, 295–300. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1417655> (дата обращения: 9.07.2024).
10. *Benetos E., Holzapfel A.* Automatic Transcription of Turkish Makam Music. Proceedings of the 14th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2013, 355–360. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416468> (дата обращения: 9.07.2024).
11. ISMIR [Электронный источник] // URL: <https://ismir.net/> (дата обращения: 8.07.2024).
12. *Proutskova P., Volk A., Heidarian P., Fazekas G.* From music ontology towards ethno-music-ontology. Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference, 2020, 923–931. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4245586> (дата обращения: 10.07.2024).
13. *Ramírez R., Pérez A., Kersten S.* Performer Identification in Celtic Violin Recordings. Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval, 2008, 483–488. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416988> (дата обращения: 10.07.2024).
14. *Rohit M. A., Bhattacharjee A., Rao P.* Four-way classification of tabla strokes with models adapted from automatic drum transcription. Proceedings of the 22nd International Society for Music Information Retrieval Conference, 2021, 19–26. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5624489> (дата обращения: 12.07.2024).
15. *Tzanetakis G., Ajay K., Schloss W. A., Wright M.* Computational Ethnomusicology // Journal of Interdisciplinary Music Studies, 2007, vol. 1, iss. 2, pp. 1–24.

16. *Xavier S.* A Multicultural Approach in Music Information Research. Proceedings of the 12th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2011, 151–156. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416592> (дата обращения: 12.07.2024).

17. *Huang Y., Liang J., Wei I., Su L.* Joint analysis of mode and playing technique in guqin performance with machine learning. Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference, 2020, 85–92. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4245378> (дата обращения: 15.07.2024).

References

1. *Matsievskiy, Igor V.* 1976. “Issledovatel'skie problemy transkriptsii instrumental'noy narodnoy muzyki [Research Problems of Transcription of Instrumental Folk Music]”. In *Traditsionnoe i sovremennoe narodnoe muzykal'noe iskusstvo* [Traditional and Contemporary Folk Music Art], ed. Borislava B. Efimenkova. Vol. XXIX. Moscow: GMPI im. Gnesinykh. (In Russian).
2. *Matsievskiy, Igor V.* 1983. “Formirovanie sistemno-etnofonicheskogo metoda v organologii [Formation of System-ethnophonic Method in Organology]”. In *Metody izucheniya fol'klora: Sbornik nauchnykh trudov* [Methods of Studying Folklore: Collection of Scientific Works], ed. by Viktor E. Gusev. Saint Petersburg: LGITMiK. (In Russian).
3. *Kharuto, Aleksandr V.* 2015. *Komp'yuternyy analiz zvuka v muzykal'noy nauke* [Computer-aided Sound Analysis in Music Science] Moscow: Scientific and Publishing Center of Moscow Conservatory. (In Russian).
4. *Kharuto, Aleksandr V., and Violetta N. Yunusova.* 2020. “Komp'yuternaya etnomuzykologiya: zadachi, metody, rezul'taty [Computerized Ethnomusicology: Tasks, Methods, Results]”. In *Muzykal'naya akademiya / Music Academy* no. 3, 2020, 163–177. (In Russian). <https://mus.academy/articles/kompyuternaya-etnomuzykologiya-zadachi-metody-rezultaty>.
5. *Yunusova, Violetta N.* 2023. “Traditsionnaya muzyka Azii v komp'yuternykh issledovaniyakh Aleksandra Kharuto: pamyati uchenogo [Traditional Music of Asia in Computer Studies by Alexander Haruto: in Memory of the Scholar]”. In *Vestnik MGIM imeni A. G. Shnitke / Journal of MGIM named after A. G. Schnittke*, no. 4, 2023, 50–61. (In Russian).
6. *Nikzat, Babak, and Rafael Caro Repetto.* 2022. “KDC: an open corpus for computational research of dastgāhi music”. Proceedings of the 23rd International Society for Music Information Retrieval Conference, 321–328. Accessed July 8, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7316660>.
7. *Duggan, Bryan, Brendan O'Shea, Mikel Gainza, and Pdraig Cunningham.* 2008. “Machine Annotation of Sets of Traditional Irish Dance Tunes”. Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval, 401–406. Accessed July 8, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1415106>.
8. *Cillian, Kelly, Mikel Gainza, David Dorran, and Eugene Coyle.* 2010. “Locating Tune Changes and Providing a Semantic Labelling of Sets of Irish Traditional Tunes”. Proceedings of the 11th International Society for Music Information Retrieval Conference, 129–134. Accessed July 8, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1418303>.
9. *Fourer, Dominique, Jean-Luc Rouas, Pierre Hanna, and Matthias Robine.* 2014. “Automatic Instrument Classification of Ethnomusicological Audio Recordings”. Proceedings of the 15th International Society for Music Information Retrieval Conference, 295–300. Accessed July 9, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1417655>.
10. *Benetos, Emmanouil, and Andre Holzapfel.* 2013. “Automatic Transcription of Turkish Makam Music”. Proceedings of the 14th International Society for Music Information Retrieval Conference, 355–360. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416468>.
11. ISMIR // <https://ismir.net/>. Accessed July 8, 2024.
12. *Proutskova, Polina, Anja Volk, Peyman Heidarian, and Gyorgy Fazekas.* 2020. “From music ontology towards ethno-music-ontology”. Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference, 923–931. Accessed July 10, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4245586>.
13. *Ramírez, Rafael, Alfonso Pérez, and Stefan Kersten.* 2008. “Performer Identification in Celtic Violin Recordings”. Proceedings of the 9th International Conference on Music Information Retrieval, 483–488. Accessed July 10, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416988>.

14. *Rohit M. A., Amitrajit Bhattacharjee, and Preeti Rao.* 2021. “Four-way Classification of Tabla Strokes with Models Adapted from Automatic Drum Transcription”. Proceedings of the 22nd International Society for Music Information Retrieval Conference, 19–26. Accessed July 12, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5624489>.
15. *Tzanetakis, George, Ajay Kapur, W. Andrew Schloss, Matthew Wright.* 2007. “Computational Ethnomusicology” // Journal of Interdisciplinary Music Studies. Vol. 1, iss. 2, 1–24.
16. *Serra, Xavier.* 2011. “A Multicultural Approach in Music Information Research”. Proceedings of the 12th International Society for Music Information Retrieval Conference, 151–156. Accessed July 12, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1416592>.
17. *Huang, Yu-Fen, Jeng-I Liang, I-Chieh Wei, and Li Su.* 2020. “Joint analysis of mode and playing technique in guqin performance with machine learning”. Proceedings of the 21st International Society for Music Information Retrieval Conference, 85–92. Accessed July 15, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4245378>.