

УДК 004.89:78

А.В. Верховин, А.С. Гуменюк

О СРЕДСТВАХ ФОРМАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ МУЗЫКАЛЬНЫХ ТЕКСТОВ

Описан алгоритм выделения элементарных мотивов, представляющих «естественные» группировки нот в музыкальных текстах. Вводится новый абстрактный объект – строй музыкального текста и числовые характеристики для его описания. Для выборки из 106 музыкальных текстов сформирован частотный словарь; для всех текстов получены значения характеристик строя. В работе ставилась цель описать разрабатываемый инструментарий и продемонстрировать некоторые его возможности.

Ключевые слова: *музыкальный текст, Ф-мотив, строй цепи, числовые характеристики.*

Нотная запись музыкального произведения является продуктом мыследеятельности, осуществляемой, как правило, отдельным человеком. Ноты всегда однозначно отображают акустические образы. Кроме того, они наиболее формализованы, так как нота представляет две физические величины (высоту и длительность звучания). В сравнении с музыкальными, литературные тексты менее формализованы, так как буквы и слова не представляют числовые величины; сами же отдельные слова не всегда однозначно отображают денотаты. Поэтому для обнаружения функций мышления следует шире использовать нотные записи как наиболее абстрактные объекты исследования. Однако в настоящее время практически отсутствуют адекватные средства анализа структуры музыкальных текстов, так как их компоненты обычно выделяются аналитиками-музыковедами субъективно. Кроме того, системный методологический подход предполагает определять такие компоненты нотного текста, которые представляли бы «акустические единицы», являющиеся естественными частями целого музыкального произведения [1]. Простейшие информационные элементы текста – отдельные ноты и паузы – занимают на протяжении такта все его доли. Профессионалы выделяют в музыкальном тексте некоторые более сложные компоненты текста, называемые субмотивами, мотивами, фразами, фигурами, темами и т.п., способы и, тем более, алгоритмы выявления которых строго не определены [2, 3]. Для анализа структуры музыкальных текстов очевидно применение статистических средств математической лингвистики, которые, однако, также требуют выделения компонентов. Кроме того, при сравнении структуры музыкальных текстов применим сложностной подход на основе «редакционного расстояния» [4], который, в настоящее время, формально реализуем только с опорой на ноты.

По мнению авторов, существующие подходы и модели в математической лингвистике почти не уделяют внимания закономерностям «конкретного расположения всех знаков или слов, составляющих отдельную символьную последовательность». На первый взгляд, написание лингвистических текстов допускает небольшие вариации в расположении слов при сохранении смысла фразы. Однако ори-

гинальное расположение компонентов музыкального текста таких вариаций не допускает, так как представляет цепь упорядоченных во времени акустических событий. Недостаток внимания (прикладной математики и теоретической информатики) к оригинальному расположению компонентов в цепи в некоторой степени объясняется отсутствием формализма для этого абстрактного объекта и названного «строем или построением цепи» [5]. По нашему мнению, именно «строй музыкального текста» наиболее адекватно отображает его структуру. При этом, как отмечалось выше, для системного описания музыкального произведения требуется выделять естественные компоненты, сформированные из нот. Таким образом, наряду с определением строя музыкального текста, выделение его естественных компонентов является особой проблемой. Как показано Ю. Орловым и М. Бородой, наличие таких компонентов позволяет статистическими средствами выявлять «целостно-завершенные музыкальные тексты» [1].

1. Выделение и описание элементарных компонентов в музыкальных текстах

Известно, что в музыкальном тексте самыми элементарными знаковыми компонентами являются ноты, в которых закодирована высота и длительность звука. Музыкальный текст одноголосного произведения, в котором не выделяются специальными символами «слова» и нет пробелов даже между отдельными его частями, читается как непрерывная цепочка нот (и пауз). Как отмечает М. Борода, «в распоряжении исследователя нет однозначно определенных элементарных музыкальных единиц крупнее интервала» [6, с. 1]. Интервалом называется сочетание двух звуков, взятых последовательно или одновременно.

С позиций системного подхода на основе разработок Ю. Орлова множество естественных компонентов музыкального текста (словарь формальных мотивов) [6] должно удовлетворять трем условиям: фактическое частотно-ранговое распределение компонентов соответствует закону Ципфа – Мандельброта; мощность собственного алфавита текста определяется его длиной; самые редкие компоненты встречаются по одному разу. Выполнение этих условий задает критерий «целостности и завершенности» текста, названный критерием Ю. Орлова [1]. М. Борода разработал естественный компонент музыкального текста, который отвечает критерию Ю. Орлова и, кроме того, является «однозначно определенной единицей, обладающей цельностью (нерасчленимостью) и законченностью с метрической либо с ритмической стороны» [6, с. 2]. При этом метрическая составляющая позволяет различать ноты по метрической силе, определяемой конкретной позицией любой ноты в такте. Ритмическая составляющая представляет формирование цепи временных интервалов звучания нот в музыкальном тексте. Насколько известно авторам, других разработок естественных компонентов музыкального текста в настоящее время не имеется.

Формальным мотивом (Ф-мотивом) М. Борода назвал отрезок мелодии в пределах: а) формального такта – полного или частичного минимального такта (ПМТ или ЧМТ на рис. 1, *d*); б) возрастающей последовательности (ВП на рис. 1, *d*); в) формального такта, с последнего звука которого начинается возрастающая последовательность (ПМТ+ВП, ЧМТ+ВП). В некотором смысле Ф-мотив является аналогом слова в тексте. Подробное определение формального мотива, формального такта, возрастающей последовательности и процедура его выделения пред-

ставлены в [6]. Эта процедура позволяет разбить одноголосную мелодию любого музыкального текста (с тактовой системой) на Ф-мотивы.

Предложенная М. Бородой процедура выделения Ф-мотивов в нотной записи содержит некоторые неоднозначно интерпретируемые действия. Часть действий описана лишь в общих чертах. Кроме того, эту процедуру необходимо дополнить действиями, не рассмотренными М. Бородой.

На основе проделанного нами анализа и детальной проработки данной процедуры выделения элементарных мотивов (Ф-мотивов) [7], разработан алгоритм их автоматического распознавания в музыкальном тексте [8]. При описании данного алгоритма удобно рассматривать три его последовательных этапа:

- определение приоритетов всех нот по метрической силе (на основе разбиения музыкального текста на такты и микротакты);
- последовательное выделение в музыкальном тексте Ф-мотивов (на основе распознавания одного из пяти типов их структуры);
- идентификация и выделение одинаковых Ф-мотивов (на основе сравнения структуры и состава Ф-мотивов).

На первом этапе, поочередно в каждом такте нотной записи (рис. 1, *a*) определяются приоритеты нот (относительные силы долей такта, на которых располагаются ноты – рис. 1, *b*). Для этого предлагается построить «маску приоритетов» для очередного такта, в котором определяются метрические силы нот. Такое построение осуществляется путем разбиения такта на равные доли, указанные в его размере на рис. 1, *a*. Первой доле такта назначается наивысший приоритет «1» (наивысшая метрическая сила), оставшимся долям назначается приоритет на уровень ниже – «2». После этого путем деления данных долей такта на две равные части, выделяются более мелкие доли такта, для которых назначается приоритет еще ниже на уровень – «3». Такое деление долей «на два» и назначение приоритетов происходит до тех пор, пока длительность новых долей не будет равной минимальной длительности среди нот оригинального такта. На следующем этапе происходит «наложение» маски приоритетов на очередной такт музыкального текста, во время чего каждой ноте из оригинального такта назначается приоритет доли из маски приоритетов, начало которой совпадает с началом данной ноты.

На втором этапе происходит последовательное выделение Ф-мотивов в музыкальном тексте путем распознавания одного из пяти типов их структуры (на рис. 1, *d* изображено разбиения фрагмента музыкального текста на Ф-мотивы с указанием их типа). Для этого данный музыкальный текст переписывается в оригинальной последовательности без указания границ тактов. Длительность каждой паузы прибавляется к длительности предшествующего звука, а сами паузы из текста устраняются. После этого проводится операция по замене последовательностей нот, объединенных знаком лиги, на ноты с соответствующей суммарной длительностью и метрической силой равной метрической силе первой ноты из последовательности лигованных нот. Далее в музыкальном тексте без границ тактов, пауз и знаков лиги, выполняется цикл действий, в ходе которых происходит выделение очередного элементарного мотива путем постепенного распознавания заданных типов структуры Ф-мотива, подробно описанных в [6]. Такой цикл действий повторяется до тех пор, пока музыкальный текст не будет разделен на Ф-мотивы полностью. В результате этого исходный музыкальный текст отображается последовательностью Ф-мотивов.

В начале третьего этапа, на основе полученной последовательности формируется словарь Ф-мотивов. Стоит принять во внимание, что одинаковыми Ф-мотивами являются те, у которых длительности соответствующих нот равны, а их высоты звучания соответственно либо совпадают, либо отличаются на одну и ту же величину в пределах всего Ф-мотива (на рис. 1, с одинаковыми являются первый и четвертый по счету Ф-мотивы – обозначены «1»; второй и пятый – обозначены «2»; седьмой и восьмой – обозначены «5»). Отношения между высотами звучания нот в пределах сравниваемых Ф-мотивов одинаковы, поэтому и информации внутри каждого Ф-мотива одинаковы, даже если эти Ф-мотивы состоят из кортежей разных нот. После формирования словаря поочередно идентифицируются и нумеруются все Ф-мотивы этой последовательности (рис. 1, e).

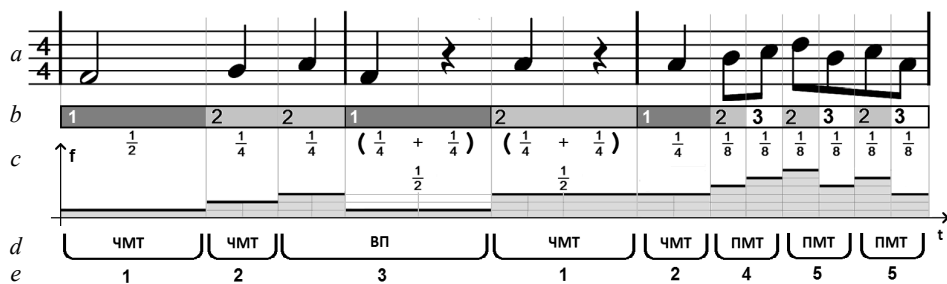


Рис. 1. Фрагмент музыкального текста разбитый на Ф-мотивы (a – фрагмент нотной записи; b – приоритеты долей тактов; c – график «высота звучания – длительность»; d – разбиение по типам Ф-мотивов данного фрагмента; e – строй фрагмента музыкального текста)

2. Определение строя произвольной знаковой цепи

Рассмотрим определение абстрактного объекта, который отображает конкретное расположение всех знаков или слов, составляющих отдельную символьную последовательность произвольной природы [5].

Строй цепи событий (сообщений, знаков и т.д.) определен как кортеж (упорядоченное множество), в котором каждому компоненту данной цепи поставлено в соответствие натуральное число, причем идентичные по выбранному признаку компоненты отображены одним и тем же числом. Самый первый компонент такого кортежа – единица, а все остальные первые встречные – разные натуральные числа (представляющие вместе с единицей алфавит строя) возрастают на единицу. В соответствии с теоретико-множественным определением вектора такой специфически сформированный (организованный) кортеж назван «вектором строя».

Разложим полную неоднородную символьную последовательность (без свободных мест на ее позиции) на m неполных «однородных» кортежей, в которых заняты только некоторые места данной позиции одинаковыми знаками (как это представлено на рис. 2, c). Аналогом однородной последовательности является поток однородных событий, рассматриваемый в теории массового обслуживания, при этом значение интервала между соседними событиями рассматривается как реализация случайной величины.

Определим «интервал» Δ_{ij} как расстояние от i -го до $(i+1)$ -го вхождения данного компонента в j -й однородной цепи в направлении просмотра (рис. 2, c). Значение интервала Δ_{ij} – это модуль разности номеров мест (на позиции кортежа) i -го и

($i+1$)-го вхождений компонента j . На рис. 2, с однородная цепь «1» представлена кортежем интервалов $\langle 3, 5, 2, 2 \rangle$.

	N	M	M	N	V	M	V	V	N	M	N	V
a	A	L	L	A	B	L	B	B	A	L	A	B
	F	G	G	F	H	G	H	H	F	G	F	H
b	1	2	2	1	3	2	3	3	1	2	1	3
c	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-
	$\Delta_{11} = 3$			$\Delta_{21} = 5$				$\Delta_{31} = 2$		$\Delta_{41} = 2$		

Рис. 2. Отображение знаковых цепей в строй: a – три неоднородные знаковые цепи; b – строй (вектор строя) данных цепей; c – однородная цепь и ее интервалы

3. Числовые характеристики строя знаковой цепи

Используем понятие однородной знаковой последовательности и ее векторное отображение в виде кортежа интервалов для определения некоторых числовых характеристик строения текста [5]. Формулы для этих характеристик компактно представлены в табл. 1, в которой используются следующие обозначения: j – номер знака в алфавите или номер однородной цепи; Δ_{ij} – интервал между i -м и ($i+1$)-м вхождениями знака j в однородной цепи; $\log \Delta_{ij}$ – удаленность ($i+1$)-го вхождения знака j относительно его i -го вхождения; n_j – число вхождения знака j в цепи; m – мощность алфавита знаков цепи; n – длина полной знаковой цепи, равная числу всех мест ее позиции; Δ_{aj} , Δ_{gj} – соответственно средний арифметический и средний геометрический интервалы строя j -й однородной цепи; V_j – абсолютный объем строя j -й однородной цепи; G_j – глубина расположения строя j -й однородной цепи; $\log \Delta_{gj}$ – средняя удаленность знака j в строе однородной цепи; V – абсолютный объем строя; G – глубина расположения строя; Δ_g – средний геометрический интервал строя; g – средняя удаленность любого элемента строя; D – число информации, используемых (по Мазуру) для описания некоторого знака цепи; I – число информации, используемых (по Мазуру) для дихотомической идентификации отдельного знака; τ_j – периодичность (следования знаков) в строе j -й однородной цепи; r – регулярность (следования любого элемента) строя.

Таблица 1

Числовые характеристики строя

$V_j = \prod_{i=1}^{n_j} \Delta_{ij}$	$V = \prod_{j=1}^m V_j$	$\Delta_{aj} = \frac{n}{n_j} = \frac{1}{P_j}$	$\Delta_g = \prod_{j=1}^m \Delta_{gj}^{\frac{n_j}{n}}$	$D = \prod_{j=1}^m \Delta_{aj}^{\frac{n_j}{n}}$
$\Delta_{gj} = \sqrt[n_j]{V_j}$	$\Delta_g = \sqrt[n]{V}$	$\tau_j = \frac{\Delta_{gj}}{\Delta_{aj}}$	$g = \sum_{j=1}^m \frac{n_j}{n} \log \Delta_{gj}$	$I = \sum_{j=1}^m \frac{n_j}{n} \log \Delta_{aj}$
$G_j = \sum_{i=1}^{n_j} \log_2 \Delta_{ij}$	$G = \sum_{j=1}^m G_j$	$r = \frac{\Delta_g}{D} \leq 1$	$g = \log \Delta_g$	$H = -\sum_{j=1}^m P_j \log P_j$

4. Отображение музыкального текста строем его компонентов
(строй нот и строй Ф-мотивов)

Определим некоторые понятия и характеристики строя цепи применительно к музыкальному тексту. **Строй музыкального текста** – это строй цепи событий, в качестве которых выступают символы (или их группировки) нотной записи. В данной работе при рассмотрении строя музыкального текста будут различаться интервалы двух видов: Δ^H_{ij} – интервал между i -м и $(i+1)$ -м вхождениями ноты j -й однородной цепи, Δ^Φ_{ij} – интервал между i -м и $(i+1)$ -м вхождениями Ф-мотива j -й однородной цепи. Соответственно обозначим удаленности этих элементов: для ближайших выделенных нот $\log\Delta^H_{ij}$, для Ф-мотивов – $\log\Delta^\Phi_{ij}$. Кроме того, будем различать средние геометрические интервалы Δ^H_{gj} в однородных цепях нот, Δ^Φ_{gj} в однородных цепях Ф-мотивов и соответственно – их удаленности нот $\log\Delta^H_{gj}$ и Ф-мотивов $\log\Delta^\Phi_{gj}$ и, наконец, средние геометрические интервалы в строе музыкального текста Δ^H_g между любыми двумя ближайшими одинаковыми нотами, и Δ^Φ_g между любыми двумя ближайшими одинаковыми Ф-мотивами, и соответственно удаленности нот $\log\Delta^H_g$ и Ф-мотивов $\log\Delta^\Phi_g$.

5. Характеристики зависимости однородных цепей

В работе модифицированы представленные в [9] характеристики зависимости пары однородных цепей (j -й и l -й), взятых из состава данной неоднородной цепи. В этой модификации для учета частоты встречи выделенного события «причина – следствие» (l/j) в данной знаковой цепи длиной n коэффициент частичной зависимости $K_1(l/j)$ [9] следует умножить на эту частоту. В результате получим нормированный коэффициент частичной зависимости в виде

$$K_{1n}(l/j) = (n(l/j)/n_l) \cdot \upsilon(l_j) \cdot \frac{n(l/j)}{n/2} \text{ или } K_{1n}(l/j) = \frac{2n^2(l/j)}{n_l \cdot n} \cdot \upsilon(l_j).$$

Для демонстрации адекватности значений коэффициента K_{1n} определена полная матрица зависимости пронумерованных Ф-мотивов (табл. 2) для специально сконструированной нотной записи (рис. 3), в которой выделена пара наиболее зависимых Ф-мотивов (Ф1,Ф2).

Таблица 2

Матрица нормированных коэффициентов зависимости Ф-мотивов

	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6
Ф1	0	0,4134	0,1333	0,1111	0,1111	-0,167
Ф2	0,115	0	0,15	0,1296	0,1389	0
Ф3	0,0313	0,0238	0	0,1481	0,0556	-1,333
Ф4	0,0365	0,0298	0	0	0,0833	-1,167
Ф5	0,0333	0,0208	0	0	0	-0,667
Ф6	0	0	0	0	0	0

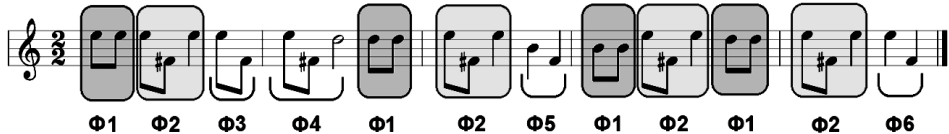


Рис. 3. Нотная запись с выделенными наиболее зависимыми Ф-мотивами

6. Словарь Ф-мотивов

Для демонстрации некоторых возможностей представленного выше инструментария были специально отобраны 106 нотных записей одноголосных музыкальных произведений. Для каждой из них выполнена автоматическая сегментация и получен собственный словарь Ф-мотивов. На основе множества словарей Ф-мотивов данных текстов построен общий частотный словарь. Мощность общего словаря – **1866** Ф-мотивов; общая длина 106 нотных записей **24764** Ф-мотива; относительное число встреч самого частого Ф-мотива на множестве всех текстов составляет **5,8%**. Для примера приводится частотный словарь (рис. 4) одного небольшого музыкального произведения «Русская пляска». На этом рисунке представлены обозначения Ф-мотивов, их числа вхождений и нотные записи.

Ф1 6	Ф2 6	Ф3 2	Ф4 1	Ф5 4	Ф6 1	Ф7 6	Ф8 1	Ф9 3	Ф10 3	Ф11 1	Ф12 2	Ф13 1
Ф14 1	Ф15 4	Ф16 1	Ф17 3	Ф18 1	Ф19 1	Ф20 3	Ф21 1	Ф22 3	Ф23 1	Ф24 2	Ф25 1	Ф26 1

Рис. 4. Частотный словарь Ф-мотивов одноголосного произведения «Русская пляска»

Все музыкальное произведение записано строем Ф-мотивов ниже:

Ф1 Ф2 Ф1 Ф3 Ф1 Ф2 Ф4 Ф1 Ф2 Ф1 Ф3 Ф1 Ф2 Ф5 Ф6 Ф7 Ф8 Ф9
 Ф10 Ф11 Ф12 Ф9 Ф13 Ф7 Ф12 Ф5 Ф10 Ф7 Ф7 Ф14 Ф15 Ф16 Ф2
 Ф17 Ф18 Ф15 Ф19 Ф2 Ф20 Ф21 Ф22 Ф22 Ф15 Ф15 Ф10
 Ф20 Ф23 Ф24 Ф20 Ф17 Ф5 Ф24 Ф17 Ф25 Ф9 Ф7 Ф7 Ф5 Ф26

7. Значения характеристик строя и их распределения для выборки музыкальных текстов

Для данных 106 одноголосных музыкальных произведений вычислены значения характеристик, представляющих структуру (состав и строй) музыкальных текстов. Ниже приведена таблица значений этих характеристик для 7 музыкальных текстов (табл. 3).

Таблица 3

Значения характеристик 7 музыкальных текстов

Название текста	Lnote	L	Max P	Vp	Vt	ΔV %	g	H	G	L*H	r
54_Ruskaya_plyaska	132	60	0,100	25	28	10,7	2,995	4,335	179,687	260,110	0,3949
107_handel_solomon_arrival_of_the_queen_of_sheba	705	330	0,173	73	81	9,88	3,248	4,808	1071,762	1586,787	0,3390
38_The_Beatles_Yesterday	133	56	0,125	25	25	0	3,278	4,380	183,595	245,296	0,4659
66_Sonata_IV_TomasoAlbiononi_Adagio	179	72	0,139	30	29	3,45	3,409	4,380	245,453	315,364	0,5102
47_Mozart_Quartet№8_FMajor,k	837	315	0,159	69	79	12,7	3,431	5,113	1080,705	1610,450	0,3117
87_SonataN4_in_G_Magor_Andante_Vivaldi	709	109	0,156	37	37	0	3,603	4,553	392,705	496,249	0,5177
116_tchaikovsky-1812-overture	519	234	0,077	88	77	14,3	3,898	5,762	912,236	1348,311	0,2748

В табл. 3 используются следующие обозначения: L_{note} , L – длина музыкального текста соответственно в нотах, Φ -мотивах; $Max P$ – частота встречи самого частого Φ -мотива в тексте; V_p , V_t – фактическая и расчетная [1] мощности собственных словарей Φ -мотивов данного текста; $\Delta V\%$ – различие V_p и V_t в процентах к V_t ; g – средняя удаленность любого Φ -мотива строя текста; H – (безусловная) энтропия или количество идентифицирующих информации Φ -мотива; G – глубина расположения строя текста; r – регулярность строя текста.

В работе получено распределение выборки 106 музыкальных произведений в пространстве двух характеристик g и r . Изучение расположения точек на плоскости, представляющих отдельные музыкальные произведения, показывает очевидное отсутствие корреляционной (статистической) зависимости между характеристиками g и r . Кроме того, данное распределение представит множество совершенно оригинальных пар числовых характеристик строя, которые очень компактно и однозначно описывают весьма сложные структуры отдельных музыкальных произведений.

8. Изменения значений характеристик строя при вариациях взаимного расположения Φ -мотивов в отдельном музыкальном тексте (без изменения его состава)

Для примера выбран текст «Никколо Паганини – Каприз № 5», имеющий длину 460 Φ -мотивов. При малой деформации строя данного текста, когда менялись местами два соседних разных Φ -мотива, фиксируются заметные различия значений глубины измененных однородных цепей этих Φ -мотивов (с $G_1=113,483$ на $G_1'=112,705$ и с $G_2=110,821$ на $G_2'=110,7655$) и значений глубины строя для всего текста (с $G=1138,853$ на $G'=1137,901$). Также произошли небольшие изменения средней удаленности Φ -мотивов строя всего текста с $g=2,476$ на $g'=2,473$, при этом энтропия текста не изменилась, так как не изменился его состав ($H=H'=3,744$).

При большей деформации строя этого же текста, когда случайно менялись местами первые 92 Φ -мотива (20 % текста), фиксировались заметные различия интегральных характеристик строя текста (глубина с $G=1138,853$ на $G'=1179,353$; средняя удаленность с $g=2,476$ на $g'=2,564$), при этом энтропия текста не изменилась, так как не изменился его состав ($H=H'=3,744$). Также произошли заметные изменения значений характеристик G_j для всех однородных цепей, попавших в интервал деформации строя. Заметим, что любые деформации строя текста (без изменения его состава) не приводят к изменению частотно-рангового распределения Φ -мотивов.

Заключение

Процедура сегментации нотной записи, предложенная М. Бородой, полностью формализована и представлена алгоритмом. На его основе разработан и апробирован программный инструментарий, позволяющий в автоматическом режиме отображать исходную нотную запись в музыкальный текст, составленный из формальных мотивов.

Разработан и апробирован инструментарий для формального анализа строя одноголосных музыкальных текстов, который предназначен для **обнаружения закономерностей построения** (композиции) одноголосных музыкальных произведений. Данный инструментарий предполагается использовать как основу при разработке средств анализа структуры полифонических текстов.

Множество построенных собственных словарей 106 музыкальных текстов представляет задел для формирования словаря формальных мотивов «языка» одноголосных музыкальных текстов.

Определены значения энтропийных характеристик и числовых характеристик строя музыкальных текстов данной выборки. Множество значений последних является данными, отображающими новые свойства музыкальных произведений.

По нашему мнению, результаты представленных разработок дополняют неформальные средства при сочинении музыкальных произведений и при их подготовке музыкантами к исполнению, а также при обучении музыке в музыкальных школах, училищах и консерваториях.

На наш взгляд, музыкальные произведения являются наиболее абстрактными продуктами мышления отдельного человека, поэтому исследование и обнаружение закономерностей их построения (цепей акустических событий) следует использовать в области искусственного интеллекта, в том числе для открытия функции мышления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов Ю.К. Частотные структуры конечных сообщений в некоторых естественных информационных системах: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Тбилиси: Академия наук Грузинской ССР, 1974.
2. Зарипов Р.Х. Решение задач по гармонии и анализ гармонизации на цифровой вычислительной машине // Проблемы кибернетики: сб. М: Наука, 1967. № 18. С. 91–128.
3. Виноград А. Гиперметрическая регулярность в ритме смены гармонических функций на примерах И.С. Баха // Музыкальный журнал «Израиль XXI»: Электронный научный журнал. URL: http://21israel-music.com/Bach_Harmony.htm.
4. Левенштейн В.И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // ДАН СССР. 1965. № 4. С. 845–848.
5. Gumenyuk A., Kostyshin A., Simonova S. An approach to the research of the structure of linguistic and musical texts // Glottometrics. 2002. No. 3. С. 61–69.
6. Борода М.Г. К вопросу о метроритмической элементарной единице в музыке // Сообщение Академии наук Грузинской ССР. 1973. № 3. С. 71–72.
7. Верховин А.В., Гуменюк А.С. Об условиях формализации способа выделения элементарных мотивов в музыкальных текстах // Информационные технологии и автоматизация управления: материалы научно-практической конференции (24–27 апр. 2012 г.). Омск, 2012. С. 129–132.
8. Верховин А.В. Алгоритм распознавания элементарных мотивов в музыкальных текстах // Информационные технологии и автоматизация управления: материалы научно-практической конференции (24–27 апр. 2012 г.). Омск, 2012. С. 133–135.
9. Гуменюк А.С., Морозенко Е.В., Родионов И.Н. Формализация анализа строя знаковых цепей // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 2(15). С. 15–23.

Верховин Антон Викторович

Гуменюк Александр Степанович

Омский государственный технический университет

E-mail: 007vav@mail.ru; gumas45@mail.ru

Поступила в редакцию 1 декабря 2012 г.

Verkhovin Anton V., Gumenyuk Alexander S. (Omsk State Technical University). On means of formal analysis of the structure of musical text.

Keywords: musical text, F-motive, order of elements, characteristics.

Now practically there are no means of the formal analysis of structure of the musical text which, in our opinion, is most naturally displayed by the original sequence of the elementary

motives representing the organized whole. Known methods of the analysis of structure of the musical text usually consider features of structure of its components which are, as a rule, allocated subjectively. Object of our research are musical texts, representing "natural" groups of notes – elementary motives. There is proposed the algorithm of nselectio and recognition of such musical components, constructed on the basis of the proposed by M. Borodoy procedure. Definition of a system of any sign chain representing an original sequence of its elements is given. The new abstract object – an order of the musical text, and numerical characteristics for its description is entered. For research 106 musical texts have been specially selected, for each of them values of order characteristics are obtained; dependences of a relative positioning of different elementary motives are defined and revealed. The general frequency vocabulary for this sample of texts is created. The program complex for research of an order of musical texts is constructed.