УДК 78.01

ЭНТРОПИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА КЛАССИЧЕСКОЙ МУЗЫКИ

Языкова М.Б., Хасанов К.С., студенты 2 курса факультета Информационных систем и технологий
Научный руководитель - Горбоконенко В.Д., доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный технический университет

Ключевые слова: *энтропия, теория информации, музыкальный анализ, классическая музыка, Бах, гармония.*

В работе рассматривается применение энтропии Шеннона как количественного метода анализа музыкальной структуры классической музыки на примере прелюдии И. С. Баха.

Введение. Понятие энтропии, возникшее в физике и теории информации, в XX–XXI веках стало активно применяться в гуманитарных науках, в том числе в музыкознании [1]. Музыка как упорядоченная во времени система звуков может рассматриваться с точки зрения информационной насыщенности и предсказуемости [2]. Особый интерес представляет анализ энтропии в классической музыке, где строгие композиционные законы сочетаются с художественной свободой [3]. Актуальность работы обусловлена возможностью применения количественных методов теории информации для более глубокого понимания структуры музыкальных произведений.

Цель работы. Целью работы является рассмотреть понятие энтропии с позиций прикладной теории информации и показать возможность его применения для анализа классической музыки. Задачи: раскрыть сущность энтропии с точки зрения меры неопределенности; обосновать музыку через информационную систему; провести анализ классического произведения с использованием подхода энтропии; оценить значимость и ограничения данного метода с использованием формулы.

Результаты исследования. В теории информации энтропия Шеннона определяется как мера неопределенности сообщения и вычисляется по формуле:

$$H = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i,$$

где p_i — вероятность появления i-го символа.

Чем непредсказуемее система, тем выше энтропия. Музыку можно представить как последовательность звуков, интервалов или гармоний, которые подчиняются статистическим закономерностям [4]. В классической музыке эти закономерности задаются ладом, гармонией и формой [5].

Для анализа выбрана Прелюдия до мажор BWV 846 И. С. Баха из I тома «Хорошо темперированного клавира» благодаря ее тональной ясности и регулярной структуре. Рассматривались три аспекта: частотность высот, гармонические функции и интервалы верхнего голоса. На основе нотного текста построено приближенное распределение вероятностей из семи диатонических звуков, которые отражают тональную иерархию.

{C, D, E, F, G, A, B}

Рисунок 1. – Алфавит музыкальных символов прелюдии И. С. Баха

На основе анализа нотного текста можно задать приближенное распределение вероятностей появления частот, заданных в таблице 1. Расчет энтропии в соответствии с формулой Шеннона по высотам дал значение около 2,4 бит, что составляет 85% от максимума, то есть 2,81 бит. Это указывает на высокую упорядоченность при умеренной вариативности.

Таблица 1. Приближённое распределение вероятностей появления высот

Нота	**Вероятность p_i**	Музыкальное объяснение
C	0,25	Тоника, начало и завершение фраз
E	0,20	Терция тонических и доминантовых аккордов
G	0,20	Доминанта, опорный звук гармонии
D	0,10	Проходящий и гармонический звук
A	0,10	Звук субмедианты
F	0,08	Субдоминантовая функция
B	0,07	Вводный тон

Если рассматривать не отдельные ноты, а гармонические функции, например, тонику (p=0,45), доминанту (p=0,30), субдоминанту (p=0,20) и прочие (0.05), то энтропия в этом случае оказывается ниже, что отражает строгую логику гармонии. Анализ интервалов подтвердил организованность мелодики благодаря консонансам. Важно, что энтропия динамична, так как она минимальна в устойчивых тактах и финальной каденции, повышаясь в зонах хроматизации. Это соответствует принципу «напряжение — кульминация — разрешение». Баланс энтропии (новизны) и негэнтропии (порядка) формирует драматургию и восприятие.

Выводы. Проведенное исследование подтверждает, что применение понятия энтропии нужно для того, чтобы проанализировать классическую музыку продуктивно. Использование формулы Шеннона позволяет количественно описать предсказуемость музыкального текста, выявить зоны устойчивости и напряжения, а также продемонстрировать баланс порядка и хаоса, который лежит в основе музыкальной драматургии [2]. На примере прелюдии Баха показано, что даже обычное произведение характеризуется изменяющимся уровнем энтропии. Применение метода не ограничивается анализом нотного текста, но распространяется и на акустические характеристики звука [3]. Несмотря на ограничения, связанные со сложностью формализации музыкального восприятия, энтропийный анализ является перспективным инструментом прикладной теории информации и может эффективно использоваться в музыкознании.

Библиографический список:

1. Голицын Г.А. Информация и творчество: на пути к интегральной культуре. - М. : ИИА «Русский мир», 1997.

2. Шабалина А. Н. К вопросу энтропии в музыкально-поэтическом искусстве // Теория и практика общественного развития, 2011, № 7.

3. Физик и пианино: красота звука связана с энтропией. https://zoom.cnews.ru/rnd/news/line/fizik_i_pianino_krasota_zvuka_svyazana_s_entropiey. Режим доступа: Zoom.CNews.ru.

4. Холопова В. Н. Теория музыки: мелодика, ритмика, фактура, тематизм: Учебное пособие. - СПб. : "Издательство ПЛАНЕТА МУЗЫКИ"; Издательство " Лань", 2024.

ENTROPY AS A TOOL FOR CLASSICAL MUSIC ANALYSIS

Yazykova M.B., Khasanov K.S.
Scientific advisor - Gorbokonenko V.D.
Ulyanovsk State Technical University

Keywords: *entropy, information theory, music analysis, classical music, Bach, harmony.*

The paper discusses the application of Shannon entropy as a quantitative method for analyzing the musical structure of classical music, using the example of a prelude by J. S. Bach.