

Иерархия музыкального ритма

Л. В. Авдеев (Дубна, ОИЯИ)

П. Б. Иванов (Троицк, ТРИНИТИ)

Из трех основных сторон музыки — звуковысотной, метроритмической и динамической, — в наибольшей степени исследована звуковысотность, и гораздо меньше — ритмика и динамика. Кроме того, восприятие ритма изучено не столь детально, как восприятие высоты звука; в частности, почти отсутствуют количественные модели. Однако способ развертывания музыки во времени определяет качество музыкальной интонации в той же мере, что и последовательность высот звуков. Изучение музыкальной ритмики становится особенно важным в последнее время в связи с размыванием традиционных представлений о метрической организации, а также обращением к традиционной музыке ряда народов, у которых сохранилось доминирование ритма над мелодикой, характерное для ранних стадий развития музыки.

Обычный подход к изучению ритмической организации какого-либо процесса предполагает обращение к соответствующему Фурье-представлению, то есть набору амплитуд и фаз всех его периодических компонент. Вообще говоря, музыкальная ритмика может быть весьма сложной — однако в простейшем случае ритм задается последовательностью моментов времени, в которые один звук сменяет другой (рассматривая паузу как частный случай звучания). Математически, такой ритм представляется функцией времени

$$F(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \delta(t - t_n),$$

где t_n — точки изменения звучания, полное количество которых в данной ритмической последовательности равно N . Фурье-образ этой функции имеет вид

$$F(f) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \exp(2\pi i f t_n) = A(f) \cdot e^{2\pi i \Phi(f)}$$

Функция $F(f)$, по сути дела, описывает симультанный внутренний образ (гештальт) исходной последовательности нот/пауз. Амплитуда $A(f)$ показывает, насколько велик вклад ритма с частотой f в эту последовательность. Оказывается, что не все ритмы одинаково существенны. Так, периодичность и свойства симметрии $F(f)$ позволяют полностью восстановить ее, зная только значения $F(f)$ на отрезке $0 \leq f \leq 1/2$. С другой стороны, амплитуда $A(f)$ имеет на этом отрезке ряд максимумов — то есть, некоторые ритмы более значительны, чем другие.

Мы предположили, что внутренний образ последовательности нот/пауз должен описываться конечным набором частот (ритмов); естественно соотнести их с максимумами Фурье-амплитуды $A(f)$. Кроме того, мы учитываем зонную природу любого восприятия и сопоставляем каждой компоненте внутреннего образа не точное значение частоты, а некоторое распределение вокруг этого значения. Обратное преобразование Фурье дает временную зависимость, отвечающую такому Фурье-представлению. Получаемая таким образом функция времени имеет ряд резких пиков, которые и определяют восстановленные положения нот.

Таким образом, модель внутреннего образа ритмической последовательности задается набором основных ритмов, которые легко извлекаются из полного Фурье-образа. Оказывается, что небольшого количества компонент достаточно для точного восстановления

исходной ритмической последовательности обратным преобразованием Фурье. Следовательно, слушатель может воспринимать сколь угодно сложные ритмы весьма экономным образом, выделяя лишь несколько ведущих ритмических компонент. Количество их может варьироваться в зависимости от уровня восприятия.

Компоненты внутреннего образа ритмической последовательности иерархически упорядочены по величине амплитуды $A(f)$ в точке максимума. Поверхностное впечатление от последовательности нот/пауз может ограничиться только одним ведущим ритмом в дополнение к ритмическим компонентам с $f=0$ и $f=1/2$ (которые присутствуют всегда). Более точное восприятие подключает более слабые компоненты.

Ведущие ритмические компоненты естественным образом интерпретируются как возможные способы группировки нот исходной последовательности. В элементарной теории музыки описывается иерархия ритмических образований: период, такт, доля такта. Можно предположить, что различные ритмические последовательности по-разному вписываются в метрическую иерархию. Поэтому, с одной стороны, мы указываем количественный критерий соответствия музыкального ритма метрической структуре, а с другой стороны — не слишком большие отклонения могут служить еще одним средством придания музыкальному целому особой выразительности.

Мы полагаем, что сочинение музыки предполагает процесс, обратный описанному выше процессу ритмического анализа: сначала формируется некоторый внутренний образ (набор ритмических компонент с соответствующими параметрами) — и далее по нему восстанавливается ритмическая последовательность. Расчеты показывают, что отдельные ноты/паузы в этой последовательности будут иметь разную силу — это отвечает известному в теории музыки различению сильных и слабых долей. Однако в нашей теории распределение сильных и слабых долей не обязательно совпадает с метрическими делениями, что более точно передает характер ритмов современной музыки.

Полученные результаты могут быть использованы в программах автоматического порождения ритмических последовательностей в музыке и других искусствах. Перенос формализма на большинство искусств возможен поскольку ритмическая организация одинаково присуща всем им. Так, графика предполагает иерархию пространственных ритмов — и восприятие их вполне соответствует описанной схеме.

Наша феноменологическая модель не заменяет других способов описания ритмики — она дополняет собственно музыковедческий анализ и психофизический подход. Тем не менее, обнаруженные закономерности позволяют надеяться, что модель правильно отражает один из существенных механизмов восприятия музыкального ритма.

<http://unism.pjwb.net/arc>

<http://unism.pjwb.org/arc>

<http://unism.narod.ru/arc>