

Рудольф Зарипов

Первым и единственным ученым, занимавшимся проблемой алгоритмического сочинения музыки в нашей стране, был советский музыкант и математик Рудольф Зарипов [9, С. 17 — 19].

Основные идеи научных трудов Зарипова сформулированы в книгах «Кибернетика и музыка» и «Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса» [5, с.5–155].

Чтобы подвести нас к сути алгоритма Зарипова по моделированию мелодий, нужно вкратце рассказать об основных понятиях его учения [4, с. 400 — 421].

Зарипов подходит к моделированию мелодий ЭВМ посредством желая формализовать мыслительный процесс. Одним из методов изучения мыслительных процессов является метод варьирования ситуаций при помощи инвариантов преобразования — таких элементов ситуации, которые остаются неизменными, постоянными при любой трансформации. Иначе говоря, при варьировании происходит транспозиция (перенос) определенных отношений элементов одной ситуации в другую. Однако первоначальная ситуация все равно сильно отличается от существующей за счет маскирующих элементов, трансформантов — элементов, изменяющихся при преобразовании, и констант — элементов, специфичных для фактуры той или другой вариации. Маскирующие элементы трансформируют ситуацию часто до неузнаваемости и весьма затрудняют обнаружение инвариантов.

Объясняя данную схему, Зарипов предлагает пример зимней поляны, по которой мы часто ходили летом, но зимой ее становится сложно узнать, даже, несмотря на то, что присмотревшись, мы начинаем заново восстанавливать замаскированные отношения одних и тех же кустов, деревьев и т.д. В этом примере одним из инвариантов будет взаимное расположение деревьев и кустов с одной и той же точки зрения наблюдателя, постоянное как летом, так и зимой, т. е. некоторое постоянное отношение между различными предметами. Трансформантой является преобладающий цвет: летом он зеленый, а зимой — белый. Трансформантой же служит и покров: летом это листья и трава, а зимой — снег. Константы: летом — зеленый цвет, листья, трава; зимой — снежный покров на ветвях и на земле.

Транспозиция отношений элементов, инвариантных при преобразованиях, наблюдается при варьировании ситуаций разной природы, в разных процессах или объектах. Следовательно, закономерности транспозиции отношений можно исследовать на любом материале. Идеальный объект для исследований такого рода — музыка, т.к. музыкальное

произведение отражает действительность отвлеченно от точного изображения ее конкретных внешних признаков.

Основным, главным элементом любого музыкального произведения является мелодия — одноголосное выражение музыкальной мысли. Транспозиция инвариантных отношений проявляется в различных приемах вариационного развития музыкального сочинения и способствует тому, что при восприятии на слух сохраняется впечатление первоначальной музыкальной темы, ощущается постоянная связь с ней. И это происходит несмотря на изменение музыкального размера, ритма, ладотональности, и других элементов, и даже самой мелодической линии. В то же время изменение некоторых (или даже одного) элементов при полном сохранении других сторон изменяют мелодию до неузнаваемости.

1.7.1 Общие принципы алгоритмизации

1. Требуется построение иерархии понятий и иерархии уровней определения понятий. Иерархия понятий заключается в многоступенчатости понятий, в том, что некоторое понятие p может быть выражено (определено) через другие, синтаксически более простые понятия, и между ними могут быть установлены ассоциативные связи, указывающие свойства понятия p .

„Высокие" уровни определения понятий приняты в системах знаний или деятельности, не использующих точные методы исследования, например, в традиционной психологии, музыковедении, литературоведении и др. „Высший" уровень — это уровень общих ассоциаций, когда понятия не определяются, применяется в художественном творчестве. Противоположный ему — „низший" уровень определений, или уровень формальных определений, принят в математике.

2. Способ организации алгоритма основан на принципе иерархичности различных понятий музыки.

Любая музыкальная композиция характеризуется (как в синтаксическом, так и в семантическом отношении) некоторым набором параметров, отражающих правила, закономерности и элементы строения и развития музыкального сочинения. Примеры параметров: диапазон мелодии, тактовый размер, количество ступеней в октаве, закон случайного распределения интервалов и другие. Каждый параметр принимает по несколько значений. Значение параметра это определенное число или числовая структура, конкретный закон распределения частот интервалов и т. п. из множества допустимых в программе.

Моделирование типа композиции основано на предположении, что любой тип композиции характеризуется определенным набором значений параметров

$$M_m = M(\theta_{1im}, \theta_{2jm}, \dots, \theta_{klm}, \dots),$$

где несущественным параметрам отвечают нулевые значения.

3. Под элементами мелодии понимаются элементы ее синтаксической стороны. Элементарным преобразованием назовем такое изменение мелодии, при котором преобразуется лишь какой-то один элемент мелодии при сохранении всех остальных. Элемент мелодии, который изменяется посредством элементарного преобразования, назовем трансформантой.

- a) Простое повторение (тождественное преобразование);
- b) изменение тактового размера (метра);
- c) изменение ритма с сохранением ритмических акцентов;
- d) орнаментальные украшения при сохранении опорных нот;
- e) секвенция — перенос мелодической фигуры по вертикали с сохранением внутренних интервальных отношений;
- f) знаковая секвенция — перенос последовательности знаков интервалов мелодической линии при сохранении опорных высот, когда величины интервалов меняются;
- g) изменение лада (в пределах мажора — минора);
- h) изменение высоты звука в пределах гармонической функции.

Преобразованием мелодии K_0 в мелодию K_ϵ будем называть такое изменение элементов K_0 посредством элементарных преобразований, при котором в K_ϵ сохраняются отношения других элементов K_0 , или, иначе говоря, осуществляется перенос (транспозиция) отношений элементов. Эти неизменные элементы, или их отношения назовем инвариантами преобразования, а K_ϵ — вариацией темы K_0 .

4. Вариация K_ϵ на тему K_0 характеризуется тремя основными признаками: инвариантами I_0 , трансформантами T_ϵ , а также преобладанием некоторого элемента, специфичного для K_ϵ — константы C_ϵ . Если при восприятии на слух I_0 сохраняют в K_ϵ впечатление темы и связь с ней, то T_ϵ и C_ϵ вносят разнообразие, новизну и, маскируя наличие в K_ϵ инвариантов I_0 темы K_0 , изменяют ее часто до неузнаваемости.

Построение вариации K_ϵ на тему K_0 осуществляется алгоритмом при задании набора значений параметров $H_\epsilon = H(I_0, T_\epsilon, C_\epsilon)$, который включается в набор M_m , соответствующий моделируемому типу композиций. При этом вследствие случайного

разброса переменных элементов (интервалов, длительностей и др.) для одного и того же набора H_e различные экземпляры мелодий K_e будут отличаться друг от друга. Для раскрытия закономерностей механизма транспозиции отношений необходимо выполнение следующих трех условий:

а) Знание элементов I_0, T_e, C_e при которых преобразуется K_0 в K_e ;

б) наличие большого количества различных, разнообразных по типу мелодий K_0 и K_e для проведения массовых опытов по восприятию на слух;

в) эти мелодии не должны быть популярными, хорошо известными, чтобы не вызывать ненужных и даже вредных в таких опытах ассоциаций, связанных с восприятием знакомых мелодий.

1.7.2 Формализация и кодирование

элементов мелодии

1. Длительности нот a кодируются следующим образом так, что значение кода a соответствующей длительности пропорционально продолжительности ее звучания, $\sigma = 1, 2, 3, 4, \dots$

2. Расстояние ноты \sum от начала музыкального построения вводится для определения места ноты в тексте; измеряется в четвертях и отсчитывается от конца первого такта периода, расстояние которого полагается равным нулю.

3. Номер основной ступени звукоряда обозначим через ω ($\omega = 1$ — до, 2 — ре, 3 — ми, 4 — фа, 5 — соль, 6 — ля, 1 — си), а номер октавы через θ ($\theta = 0$ — малая октава, 1 — первая, и т. д.).

4. Высота звука W определяется номером октавы θ и основной ступенью звукоряда ω и представляется двузначным позиционным числом:

$$W = \theta \omega \quad (20)$$

5. Каждая нота мелодии кодируется в виде

$$\sum \sigma \theta \omega \xi, \quad (21)$$

где ξ , — код знака альтерации ($\xi = 0$ — бекар, 4 — диез, 2 — бемоль).

6. Тактовый размер или метр вводится для организации музыкального ритма. В работе используются два типа тактового размера $\frac{3}{4}$ и $\frac{4}{4}$, которые кодируются $t=3$, и $t=4$ соответственно.

7. Два способа кодирования нотного текста: понотный M_n и потактовый M_m . Каждый из них применяется на разных этапах преобразования мелодии. Понотный способ заключается в том, что мелодия записывается в виде последовательности нот, закодированных числами. Он удобен при тех преобразованиях, в которых первоначальное количество нот не меняется: между данными нотами не вклиниваются другие ноты, и отдельные ноты не удаляются (например, изменение тактового размера, знаковая секвенция, изменение лада или длительностей нот и другие).

Потактовый способ заключается в том, что каждый такт мелодии кодируется в виде матрицы $\|W_{kj}\|$, состоящей в зависимости от метра из трех или четырех колонок — по числу t долей в такте.

8. В способе M_m при кодировании ноты добавим еще одну координату i , указывающую номер такта в мелодии ($i = 0, 1, \dots, 8$). В нулевом такте помещается затакт композиции. Таким образом, местоположение каждой ноты в мелодии однозначно определяется значением $\|W_{ikj}\|$

9. В принятой системе кодирования тройка чисел i, k, j ($i = 0, 1, \dots, 8$; $k = 1, 2, 3, 4$; $j = 1, 2, \dots, t$; $t = 3$ или 4) образует координатную метрическую сетку, на которую накладывается мелодия — ее ритм R как упорядоченная последовательность длительностей и высоты W , отнесенные к этим длительностям. Шаг дискретности сетки равен длительности шестнадцатой. В соответствии с нотной записью или графическим представлением мелодической линии, ритм можно рассматривать как двумерный объект с координатами i, n , где n ($n = 1, 2, \dots, 4t$) — номер узла сетки в такте, $n = k + 4(j - 1)$.

10. Способ M_m предусматривает лишь фиксирование начала каждой ноты в узле сетки, указывая продолжение звучания нулями в следующих узлах вплоть до начала следующей ноты. Чтобы знать высоты в каждый момент времени (в каждом узле), введем способ кодирования мелодии в виде „непрерывной“ линии высот с указанной дискретностью, подобно графическому представлению мелодической линии. Для этого во всех узлах метрической сетки, на которые продлевается высота W , вместо нулей записывается значение IV . Таким образом, во всех узлах метрической сетки помещаются значения высоты, отличные от нуля, а вся мелодия записывается (M_m -способом) одними шестнадцатыми. В соответствующем узле помещается признак начала ноты.

11. Высота \bar{W} образуется как алгебраическая сумма некоторой высоты W и интервала

φ , знак которого „+“ или „—“ указывает движение ноты \bar{W} вверх или вниз относительно W :

$$\bar{W} = W + \varphi, \quad (22)$$

Отсюда следует, что интервал φ определяется количеством ступеней между высотами двух соседних нот \bar{W} и W . Значение интервала вычисляется по формуле:

$$\varphi = \bar{W} - W, \quad (23)$$

Интервалы кодируются так: $\varphi = 0$ — прима, 1 — секунда, 2 — терция, 3 — кварта, 4 — квинта, 5 — секста, 6 — септима, 7 — октава и т. д.

1.7.3 Операции варьирования мелодии

1. Преобразование метра, или метропреобразование — это преобразование тактового размера, точнее — метроритма. Оно заключается в том, что каждый такт метрической сетки размера t_0 преобразуется в такт сетки размера t_g искомой вариации ($t_0 \neq t_g$). При этом изменяется длина тех или иных долей такта: одни сокращаются, другие остаются неизменными, а третьи растягиваются. Это вызвано тем, что при преобразовании метра 3/4 в метр 4/4 три четверти первого метра должны растянуться на четыре четверти второго, а при преобразовании метра 4/4 в 3/4 четыре четверти свертываются в три.

2. Ритм R_g искомой вариации K_g формируется одним из трех способов, предусмотренных алгоритмом:

а) R_g совпадает с ритмом R_0 темы при $t_0 = t_g$. В этом случае варьирование мелодии K_0 сводится к преобразованию звуковысотной линии.

б) R_g получается в результате деформации ритма R_0 , например, посредством метропреобразования.

в) R_g представляет собой готовый ритм, введенный извне посредством определенного способа кодирования.

3. Выбор стержневых нот и присвоение им признака СТ производится для последующего переноса инвариантов звуковысотной линии мелодии K_0 на ритм R_g . Предусмотрены различные принципы выбора СТ-нот:

а) СТ — это ноты либо мелодии K_0 , либо ритма R_g . Самая первая и самая последняя

ноты R_e всегда отмечаются признаком СТ.

б) СТ — это сильная, 1-я нота каждого такта; первая нота каждой доли такта; ноты, образующие последовательность „затакт — сильная доля“; ноты первых p четвертей такта ($p < 1$); и другие способы.

4. Вертикальный перенос инвариантов мелодической линии темы K_0 в вариацию — основной этап варьирования. К этому этапу K_e представлена своим ритмом R_e , а тема K_0 приведена к рабочему виду и метропреобразована, имея вид K'_0 . Кроме того, по определенному принципу в K_0 или R_e выбраны стержневые ноты.

Под вертикальным переносом понимается следующая операция (Рис 17):

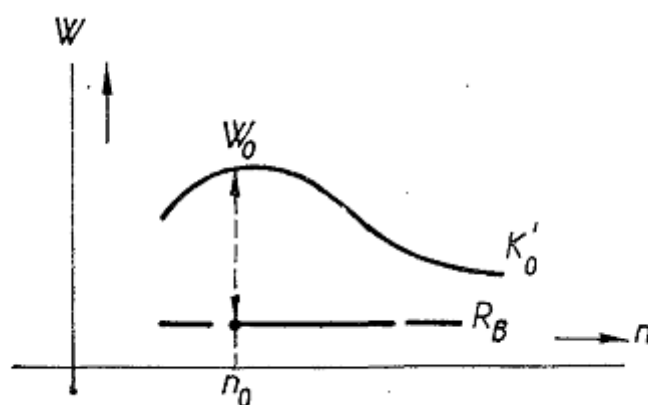


Рисунок 17— пример представления вертикального переноса в операциях варьирования мелодии Р. Зарипова

Пусть K_0 — мелодическая непрерывная линия темы; n_0 — координата начала некоторой длительности ритма R_e . На K_0 вследствие ее непрерывности любой точке n_0 отвечает определенная высота W_0 . Вертикальный перенос заключается в том, что некоторой длительности ритма R_e с координатой начала n_0 присваивается высота W_0 из K_0 , имеющая ту же координату.

5. Операцию присвоения высот межвысотным (нотам без обозначения высоты) нотам назовем заполнением интервала между инвариатными высотами. Введем обозначения.

Пусть m — количество межвысотных нот ритма R_e между ближайшими высотами W_1 и W_2 ; интервал между ними $\varphi = W_2 - W_1$, где — знак операции вычитания; $q = |\varphi|$; искомая последовательность высот межвысотных нот имеет вид:
 $W_1 = W_{10}, W_{11}, \dots, W_{1e-1}, W_{1e}, \dots, W_{1m}, W_{1m+1} = W_2$.

Интервал: $\phi_e = W_{1e} - W_{1e-1}$, $B = 1, 2, \dots, m+1$.

Заполнение сводится к отысканию последовательности интервалов $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_e, \dots, \varphi_{m+1}$.

Мелодические фигуры, заключенные между инвариантными высотами W_1 и W_2 могут быть самыми различными, поскольку они не определяются инвариантами исходной мелодии. Их выбор (а следовательно, выбор интервалов может при некоторых условиях влиять на образование констант C_e вариации K_e , в большей или меньшей степени маскируя наличие инвариантов в K_e).

Самыми известными произведениями Зарипова являются одноголосые марши и вальсы, которые он смоделировал в 60-х годах на первой советской ЭВМ «Урал» — «Уральские напевы».

В программе этой ЭВМ каждая нота была обозначена пятизначным числом, в котором первые две цифры обозначали порядковый номер звука, третья цифра — длительность звука, четвертая и пятая — высоту звука. Машина должна была заканчивать мелодию всегда первой ступенью лада, и приближаться к концу наиболее короткими интервалами. Были запрещены последовательности из шести нот подряд в одном направлении и парные шаги, превышающие в сумме октаву. Моделирование мелодии производилось с помощью случайного процесса, ограниченного данными правилами.

Эксперимент дал удовлетворительный результат: некоторые мелодии были неприемлемы даже по меркам музыкального авангарда того времени.

1. Пучков С. В. Музыкально-исторические предпосылки развития становления электронной (технической) музыки // С. В. Пучков, М. Г. Светлов. Музыкальные компьютерные технологии – СПб., 2005 – Гл.1. – С. 17—19.

2. Зарипов Р. Моделирование транспозиции инвариантных отношений и музыкальных вариаций на вычислительной машине - *Kybernetika*, Vol. 9 (1973), No. 5, (400)—421

3. Р. Зарипов - Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса, Наука, Москва, 1983