

УДК 78.021.4+789.983

## МЕТОДЫ «ОЖИВЛЕНИЯ» MIDI-ПАРТИЙ УДАРНЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

А.Л. Шайхутдинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>1</sup>azat2701@yandex.ru

### **Аннотация**

Обсуждены некоторые недостатки гауссовой гуманизации и рассмотрены вопросы о том, каким образом модели артикуляции, проявляемые ударниками, можно эмулировать с помощью вероятностной модели. Разработан авторский алгоритм «оживления» midi-партий ударных музыкальных инструментов. Запрограммированы различные зависимости и закономерности, проявляющиеся при игре на барабанах. Создана зависимость параметров нот не только от параметров предыдущих нот, но и от последующих нот соответствующих частей ударной установки. Создана зависимость силы удара от положения ноты в такте. Таким образом, акцентируя ноты в сильной доле, была создана зависимость громкости ноты от совпадения с нотами других частей ударной установки. Для увеличения динамичности и живости партии было реализовано нарастание громкости хэта перед ударом по малому барабану. Проведено сравнение амплитуд соответствующих нот партий, насколько партия, оживленная с использованием определенного метода, отличается от партии, сыгранной профессиональным барабанщиком. При прослушивании тестов партии, обработанные с использованием модифицированного метода, объективно имеют больше общего с живым исполнением, чем с результатом, полученным при использовании гауссового метода или квантованных партий.

**Ключевые слова:** ноты, алгоритм, midi-партия, ударные инструменты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В программируемой электронной музыке музыкальные партии обычно записываются с использованием секвенсоров и пианоролла. В этих системах музыкальный ритм сохраняется при использовании сетки с равными делениями.

Поскольку ноты располагаются по сетке, они квантуются по выбранным интервалам. По ощущениям квантованные ноты звучат слишком ровно и не звучат так же, как если бы на музыкальном инструменте играл человек. Для того чтобы эмулировать воспринимаемую естественность стиля человеческой игры, к последовательности может быть применен гуманизатор.

В статье исследователей из Бирмингема [1] дано следующее определение гуманизации: гуманизация – это процесс, который влияет на различные параметры сигнала для того, чтобы создать менее роботизированный результат. В партиях ударных инструментов она в первую очередь влияет на момент возникновения ноты по отношению к метрономной сетке и на амплитуду или громкость каждой соответствующей ноты. В существующих системах гуманизации используются гауссовские и равномерные генераторы случайных значений, которые в недостаточной степени оживляют партии музыкальных инструментов.

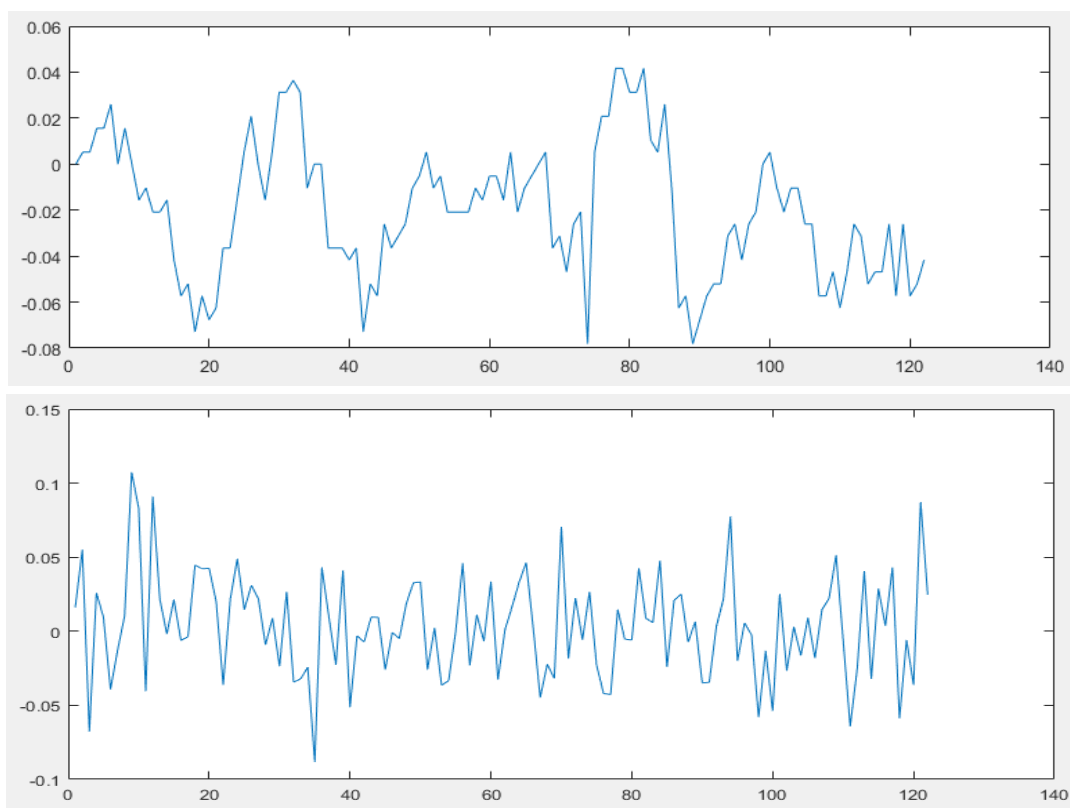


Рис. 1. Отклонения нот от метрономной сетки (по вертикали) и количество сыгранных нот (по горизонтали) одинаковых партий, сыгранной человеком (выше) и гуманизированной гауссовым методом (ниже)

В качестве примера, для сравнения, на рисунке 1 изображены отклонения от метрономной сетки нот партии, сыгранной человеком на клавиатуре компьютера, и той же партии, только квантованной, гуманизированной гауссовым ме-

тодом. По рисунку можно сделать вывод, что человеческая партия заметно отличается от искусственной, с применением существующих технологий.

В статье [2] рассказано о нюансах человеческой игры и программировании партий ударных музыкальных инструментов. В процессе написания MIDI-партий при создании цифрового музыкального контента важной проблемой часто являются синтетичность и неестественность звучания, а основной сложностью – оживление партий, придание партиям «человечности», их гуманизация.

Для обработки midi-партий был использован набор инструментов пакета MATLAB – MIDI Toolbox. В статье [3] показано, как использовать данный набор инструментов. Считывание MIDI-файла в программу происходит посредством функции `readmidi`, например, так: `nmat = readmidi('laksin.mid')`. После этого файл представляется в виде так называемой нотной матрицы со следующими столбцами: первая колонка отображает начало ноты, исходя из доли, вторая – продолжительность ноты в долях, третья – канал midi, в котором звучит нота, четвертая – высоту ноты, пятая – силу нажатия, а шестая и седьмая – то же, что первая и вторая, только в секундной системе отсчета.

В качестве синтезатора, для воспроизведения midi-партий ударных, был использован плагин EZdrummer 2. В этом плагине есть готовые образцы midi-партий, записанные на электронных барабанных установках профессиональными барабанщиками, – паттерны, грувы, которые можно использовать для создания своего цифрового музыкального контента, собирая по частям для различных разделов музыкального произведения.

### **«ОЖИВЛЕНИЕ» MIDI-ПАРТИЙ УДАРНОЙ УСТАНОВКИ**

Для написания партий барабанов даны следующие советы, указанные в статьях [4] и [5], следуя которым можно достичь наиболее эмоциональной и живо звучащей партии.

- Не все ноты должны располагаться ровно по метрономной сетке, небольшие отклонения – частое явление;
- Динамика барабанной партии. Каждая новая нота должна отличаться от предыдущей по громкости, также включая высоту тона и тембр;
- Учет физических ограничений. Извлечение с помощью рук более двух звуков одновременно звучит неестественно;
- Украшения деталями (например, ноты-призраки);

- Грамотное использование частей ударной установки;
- Изменения темпа в течение музыкального произведения.

При гауссовой гуманизации каждый из параметров модулируется независимо друг от друга, используя распределение, определенное в уравнении (1), где среднее ( $\mu$ ) и стандартное ( $\sigma$ ) отклонения назначаются пользователем опытным путем. Момент возникновения ноты ( $x=t$ ) представляет собой позицию, соответствующую делению метрономной сетки (значение  $\mu$  устанавливается в '0'), тогда как  $\sigma$  – параметрическая и представляет собой количество «изменчивости» в последовательности. Точно так же для изменения амплитуды ( $x=a$ ),  $\mu$  установлен на произвольное значение средней громкости, а  $\sigma$  представляет изменчивость в динамическом диапазоне.

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} . \quad (1)$$

Хотя этот метод модуляции параметров увеличивает воспринимаемую хаотичность последовательности, он не обязательно увеличивает количество человекоподобного выражения или артикуляции, содержащиеся в последовательности. Так как распределения в гауссовой модели присваиваются мгновенно, предыдущие события не влияют на текущие события. Это значит, что при гауссовом распределении с  $\mu=0$  вероятности получения одного и того же значения слухового временного интервала различения с опережением и задержкой будут равны, т. е.  $P(-tn+1)=P(tn+1)$ . В действительности это маловероятно. В исследовании [6] продемонстрирована структура, по которой видно, что вероятность  $n$ -го события условно зависит от  $n-1$ -го.

### СОБСТВЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ

Для создания алгоритма оживления партий были изучены описанные выше методы. Для примера был выбран один из технически сложных образцов среди грувов плагина EZdrummer 2. Таким образом, мы имеем партию, сыгранную профессиональным барабанщиком, которую позже можно будет сравнивать с партией, имеющей те же ноты, но к которым было применено оживление. К партии сначала было применено квантование для последующего применения методов оживления и были выровнены громкости нот (для нот-призраков малого барабана была выделена отдельная высота, и их громкость была снижена примерно на половину) для создания образца квантованной партии для субъек-

тивного сравнения с результатами оживления различными методами. Партия была экспортирована в форматах MIDI и mp3.

Для обработки партии в MATLAB считывается MIDI-файл с квантованной партией ударных инструментов.

### ***Создание алгоритма изменения громкости нот***

Как уже известно, переменная *nmat* представляет собой матрицу, в которой строки соответствуют нотам, а столбцы – параметрам. Для изменения громкости нот создается цикл для изменения параметров нот с первой до последней:

```
for i = 1:length(nmat(:,3))
```

Чтобы партия звучала наиболее живо, громкость нот различных ударных музыкальных инструментов изменяется по разным правилам. Для этого сначала определяется часть ударной установки, например, если текущая нота – удар по большому барабану, то условие выглядит следующим образом:

```
if(nmat(i,4) >= 34 && nmat(i,4) <= 36)
```

Для придания динамики барабанной партии для всех нот, которые должны звучать максимально громко, можно изменить громкость при помощи следующей строки:

```
nmat(i,5) = 127 - rand * 10;
```

В партиях часто встречаются двойные удары по большому барабану. Чаще всего, если второй из них в сильной доле, то первый удар тише.

Для оживления партии большого барабана снижается громкость предыдущего удара, находящегося не в сильной доле, стоящего близко к текущему. Чтобы реализовать эту идею, для каждой ноты должен быть известен индекс предыдущей ноты – удара по большому барабану.

Величины изменения громкости нот были определены сравнением с соответствующими нотами версии грува перед квантованием.

При игре на райде барабанщики часто акцентируют сильные доли и подчеркивают большой барабан. Таким образом, если текущая нота – райд, то если она в слабой доле, то звучит тише, но только если не совпадает с большим барабаном.

Барабанщики при совпадении хай-хэта с малым барабаном увеличивают

громкость хай-хэта, подчеркивая малый барабан. При этом громкость обычно нарастает и в предыдущих ударах по хай-хэту. Чтобы создать нарастание громкости в предыдущих ударах по хай-хэту, для каждой ноты известны индексы двух предыдущих ударов по хай-хэту.

Как и на райде, так и при игре на хай-хэте, барабанщик сильные доли играет громче.

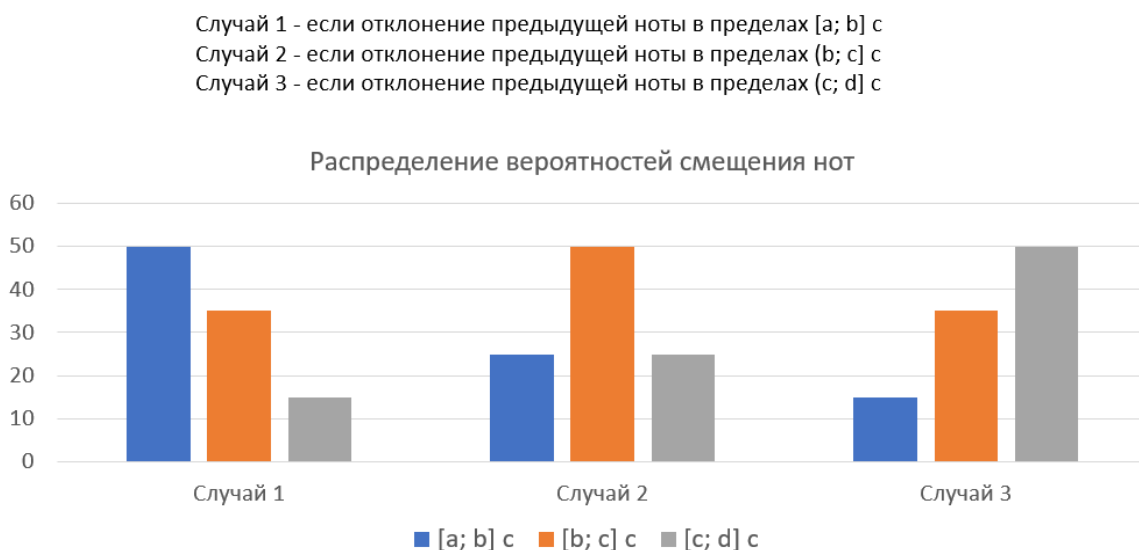


Рис. 2. Распределение вероятностей смещения нот

### **Создание алгоритма сдвигов нот**

На рисунке 1 можно заметить, что в партии, сыгранной человеком, у сдвигов есть определенная зависимость от предыдущих сдвигов, в отличие от гуманизированной гауссовым методом.

Было предположено, что каждая новая нота должна сдвигаться с разной вероятностью на определенные диапазоны отклонения от метрономной сетки в зависимости от предыдущего отклонения (рис. 2). Так как чаще всего наиболее ровные партии не имеют отклонения более 15 миллисекунд, сразу после считывания MIDI-файла были определены границы или диапазоны отклонений от метрономной сетки следующим образом:  $a=-0.015$ ;  $b=-0.005$ ;  $c=0.005$ ;  $d=0.015$ .

Для сдвигов нот создается цикл для изменения параметров нот со второй до последней:

```
for i = 2:length(nmat(:,6))
```

В конце итерации происходит смещение текущей ноты в секундной системе отсчета:

$nmat(i,6)=nmat(i,6)+t(i)$ .

Для экспорта матрицы в MIDI-файл используется следующая команда:

```
writemidi(nmat,'modified.mid').
```

### **СОЗДАНИЕ ПРИМЕРОВ**

Для создания примера гауссовой гуманизации был использован следующий код:

```
nmat = readmidi('q.mid');  
nmat(:,6)=normrnd(nmat(:,6),0.007)  
nmat(:,5)=normrnd(nmat(:,5),5)  
writemidi(nmat,'gauss.mid');
```

После экспорта, для создания примеров, файлы были импортированы в цифровую звуковую рабочую станцию. Таким образом партии приобрели звучание барабанной установки плагина EZdrummer 2. Из цифровой звуковой рабочей станции были экспортированы mp3-файлы.

### **СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Для сравнения результатов с помощью команд MATLAB был получен график (рис. 3), показывающий, насколько близка динамика партий, гуманизованных гауссовым и модифицированным методами, к партии, сыгранной профессиональным барабанщиком. На графике видно, что при использовании модифицированного метода разница в динамике партий ближе к нулю.

Модифицированный метод в части изменения громкости нот определенно превосходит гауссовый. При прослушивании тестов партии, обработанные с использованием модифицированного метода, объективно звучат гораздо живее, чем с использованием гауссового метода и квантованные партии. Насчет оценки части сдвигов нот есть затруднения, так как оценивать сдвиги нот по схожести на игру живого барабанщика гораздо сложнее. На графике отклонений (рис. 4) можно заметить зависимость модифицированного метода от отклонений предыдущих нот.

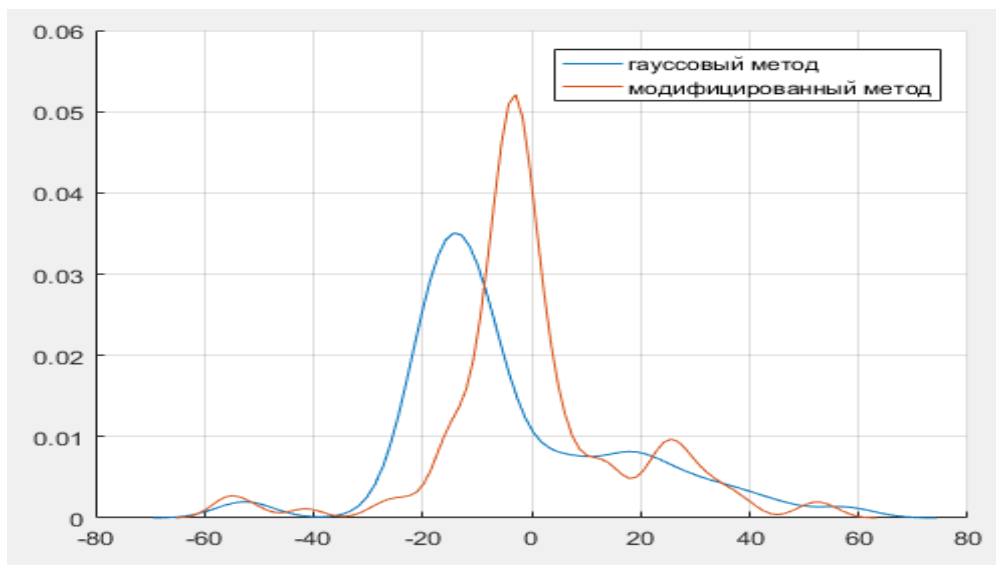


Рис. 3. Сравнение динамики методов

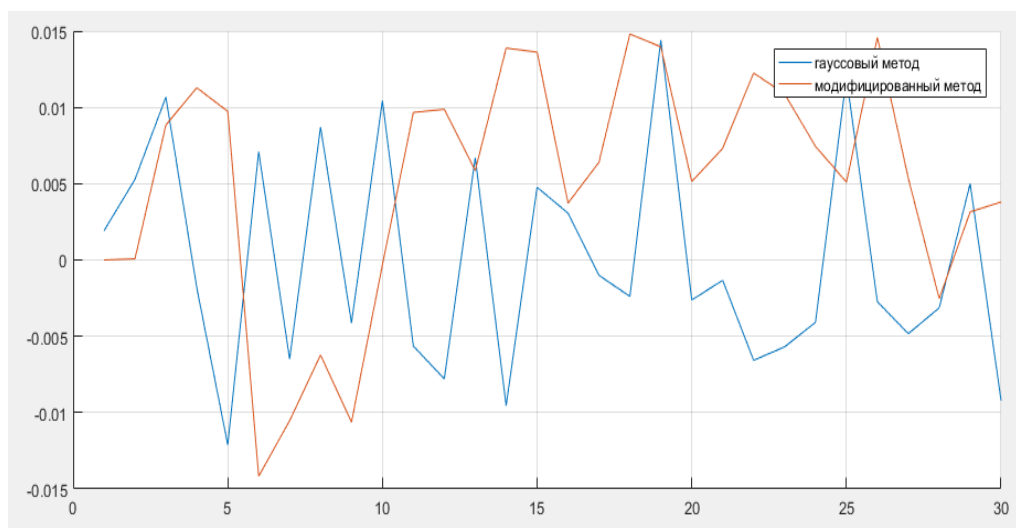


Рис. 4. Сравнение отклонений нот методов

Алгоритм изменения громкости нот модифицированного метода оптимизирован не для всех композиций. Для улучшения алгоритма его можно оптимизировать для остальных композиций, например, таких, в которых используются нестандартные размеры или которые сыграны в специфическом стиле.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Stables R.I., Bullock J., Williams I.* Perceptually Relevant Models for Drum Pattern Humanisation// Proceedings of 131st Audio Engineering Society Convention, New York, 2011, AES.

2. Журнал «Звуковые виртуальные студии». 2009. №1. <http://zstudio-n.narod.ru/zvs5.html>



3. *Eerola T., Toiviainen P.* Mir in Matlab: The Midi Toolbox// Proceedings of 5th Int. Conf. on Music Information Retrieval, Barcelona, Spain, 2004, ISMIR.

4. Программирование ударных: самые распространенные ошибки. <https://samesound.ru/studio/midi-work/302-programmirovanie-udarnyh-samye-rasprostranennye-oshibki>

5. 20 советов по оживлению MIDI-барабанов. <http://recording-studio.ru/2008/07/03/20-sovetov-po-ozhivleniyu-midi-barabanov/>

6. *Stables R.I., Athwal C., Cade R.* Drum Pattern Humanisation using a Recursive Bayesian Framework// Proceedings of 133st Audio Engineering Society Convention, San Francisco, 2012, AES.

---

## **METHODS OF “LIVING” THE MIDI PARTY OF SHOCK MUSICAL INSTRUMENTS**

**A.L. Shaikhutdinov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Higher School ITIS. Kazan Federal University*

<sup>1</sup>[azat2701@yandex.ru](mailto:azat2701@yandex.ru)

### **Abstract**

This study discusses some of the shortcomings of Gaussian humanization and discusses how the articulation models developed by drummers can be emulated using a probabilistic model. An author's algorithm for “revitalizing” midi-parts of percussion instruments was developed. Various dependencies and regularities, which are manifested when playing drums, are programmed. The dependence of the notes parameters not only on the parameters of the previous notes, but also on the subsequent notes of the corresponding parts of the drum set was created. The dependence of the impact force on the position of the note in the measure is created. Thus, emphasizing notes in a strong lobe. Also, the dependence of the note's volume on the coincidence with the notes of other parts of the drum set was created. To increase the dynamism and liveliness of the party, the volume of the hat was increased before the impact on the small drum. A comparison was made of the amplitudes of the corresponding notes of the parts, as far as the party, animated using a certain method, is different from the one played by a professional drummer. When listening to tests,

batches processed using a modified method objectively sound lively than using Gaussian and quantized batches.

**Keywords:** notes, algorithm, midi-part, percussion instruments.

## REFERENCES

1. *Stables R.I., Bullock J., Williams I.* Perceptually Relevant Models for Drum Pattern Humanisation// Proceedings of 131st Audio Engineering Society Convention, New York, 2011, AES.
2. Zhurnal «Zvukovyye virtual'nyye studii». 2009. №1. <http://zstudio-n.narod.ru/zvs5.html>
3. *Eerola T., Toiviainen P.* Mir in Matlab: The Midi Toolbox// Proceedings of 5th Int. Conf. on Music Information Retrieval, Barcelona, Spain, 2004, ISMIR.
4. Programmirovaniye udarnykh: samyye rasprostranennyye oshibki. <https://samesound.ru/studio/midi-work/302-programmirovanie-udarnyh-samye-rasprostranennyye-oshibki>
5. 20 Sovetov Po Ozhivleniyu MIDI Barabanov. <http://recording-studio.ru/2008/07/03/20-sovetov-po-ozhivleniyu-midi-barabanov/>
6. *Stables R.I., Athwal C., Cade R.* Drum Pattern Humanisation using a Recursive Bayesian Framework// Proceedings of 133st Audio Engineering Society Convention, San Francisco, 2012, AES.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



**Шайхутдинов Азат Ленарович** –бакалавр Высшей школы ИТИС, Казанский (Приволжский) федеральный университет.

**Azat Lenarovich SHAIKHUTDINOV** – has bachelor's degree of the Higher School of ITIS Kazan (Privolzhsky) Federal University.  
Email: [azat2701@yandex.ru](mailto:azat2701@yandex.ru)

*Материал поступил в редакцию 2 июня 2017 года*