

# Анализатор аккордовых последовательностей

**Бураков Илья, студент гр. Р41142**

Дисциплина «Графовые базы знаний»

Преподаватель Муромцев Дмитрий Ильич

ФПИиКТ, Университет ИТМО

Санкт-Петербург, 2022

# Предметная область



- Музыкальная теория.
- Музыкальные произведения имеют структуру.
- Среди прочего, она задаётся **аккордовыми последовательностями**.
- Существуют **закономерности**, привычные современному слушателю.
- Они разные в зависимости от даты публикации, жанра, исполнителя...
- Можно **собирать и анализировать** такие данные.

# Источник 1 – hooktheory.com



- Крупная база музыкальных произведений (30 000+)
- **Аккордовые последовательности размечены**

hooktheory.com/theorytab/view/3-doors-down/be-like-that

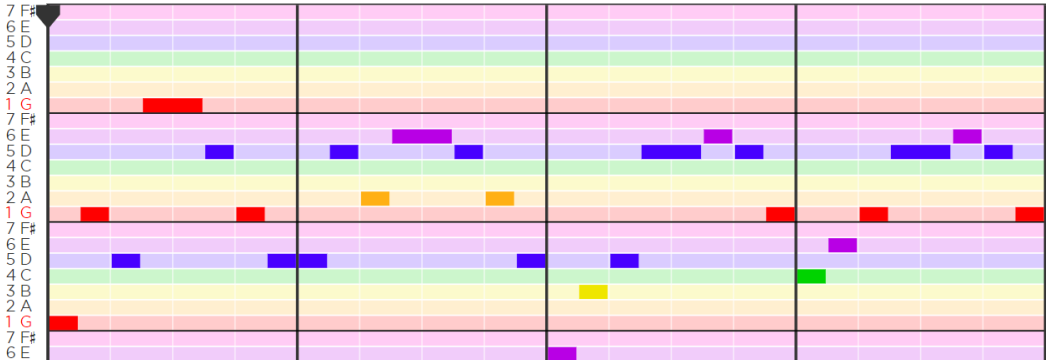
**Intro** [Open In Hookpad](#)

 Piano  YouTube

Play

 G Maj  Guides

Key Guides



I V<sub>sus2</sub> vi<sup>7</sup> IV<sup>(add9)</sup>

G D<sub>sus2</sub> em7 C<sup>(add9)</sup>

```
{  
  "song": "Be Like That",  
  "artist": "3 Doors Down",  
  "chordAbs": "qqGqqDsus2qqEm7qqC(add9)qq GqqD(  
  "chordRel": "qqIqqVsus2qqwj7qqIV(add9)qq IqqV  
  "SInD": "qq1qq5sus2qq67qq4add9qq 1qq56add9qq6  
  "key": "G major",  
  "id": 1,  
  "ytid": "HHpMtWtgUvc"  
},  
,
```

# Источник 1 – hooktheory.com

- Доступ к данным затруднен, требуется:
  - reverse engineering незадокументированного API;
  - веб скрапинг с исполнением обфусцированного JavaScript;
  - рекурсивное добавление произведений, т.к. отсутствует полный список.

```
, _0x4bcd1b = function(_0x281824, _0x175323) {  
  var _0xfc589c = _0x45bac7;  
  return _0x281824[_0xfc589c(0x335a)](_0x2668b9(_0x20c527[_0xfc589c(0x1a97)]), _0xb62038(func  
    var _0x4b9bcb = _0xfc589c;  
    if (!0x1 === _0x175323['value'][_0x4b9bcb(0x7cd), _0x4b9bcb(0x161c)])  
      return _0x50e8d5(_0x81bc76['queueAction'](_0x237606));  
    var _0x215fca, _0x53fade = _0x175323[_0x4b9bcb(0xe78)][_0x4b9bcb(0x37ad)]([_0x4b9bcb(0x  
    Number[_0x4b9bcb(0x7ea)](_0x53fade) ? (_0x215fca = new _0x3a744c(_0xe267a6['HASHIDS_SAL  
    console[_0x4b9bcb(0xf43)](_0x4b9bcb(0x3348)['concat'](_0x53fade, _0x4b9bcb(0x2dce))[_0x  
    var _0x16723e = _0x586199(_0x175323['value'][_0x4b9bcb(0x3605), 'forceProduct  
    return _0x4840c7({  
      'url': _0x16723e,  
      'responseType': _0x4b9bcb(0x380c),  
      'method': _0x4b9bcb(0x226)  
    })[_0x4b9bcb(0x235e)](_0x41d486(function(_0x409a4e) {
```

## More by 3 Doors Down

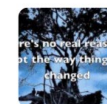


Kryptonite  
by 3 Doors Down



Loser  
by 3 Doors Down

## Suggestions



45  
by Shinedown



Blurry  
by Puddle of Mudd

# Источник 2 – wikidata.org

- Поиск по названию и автору
- Жанр, дата публикации, прочая информация о композиции
- Данные в машиночитаемом формате, есть API

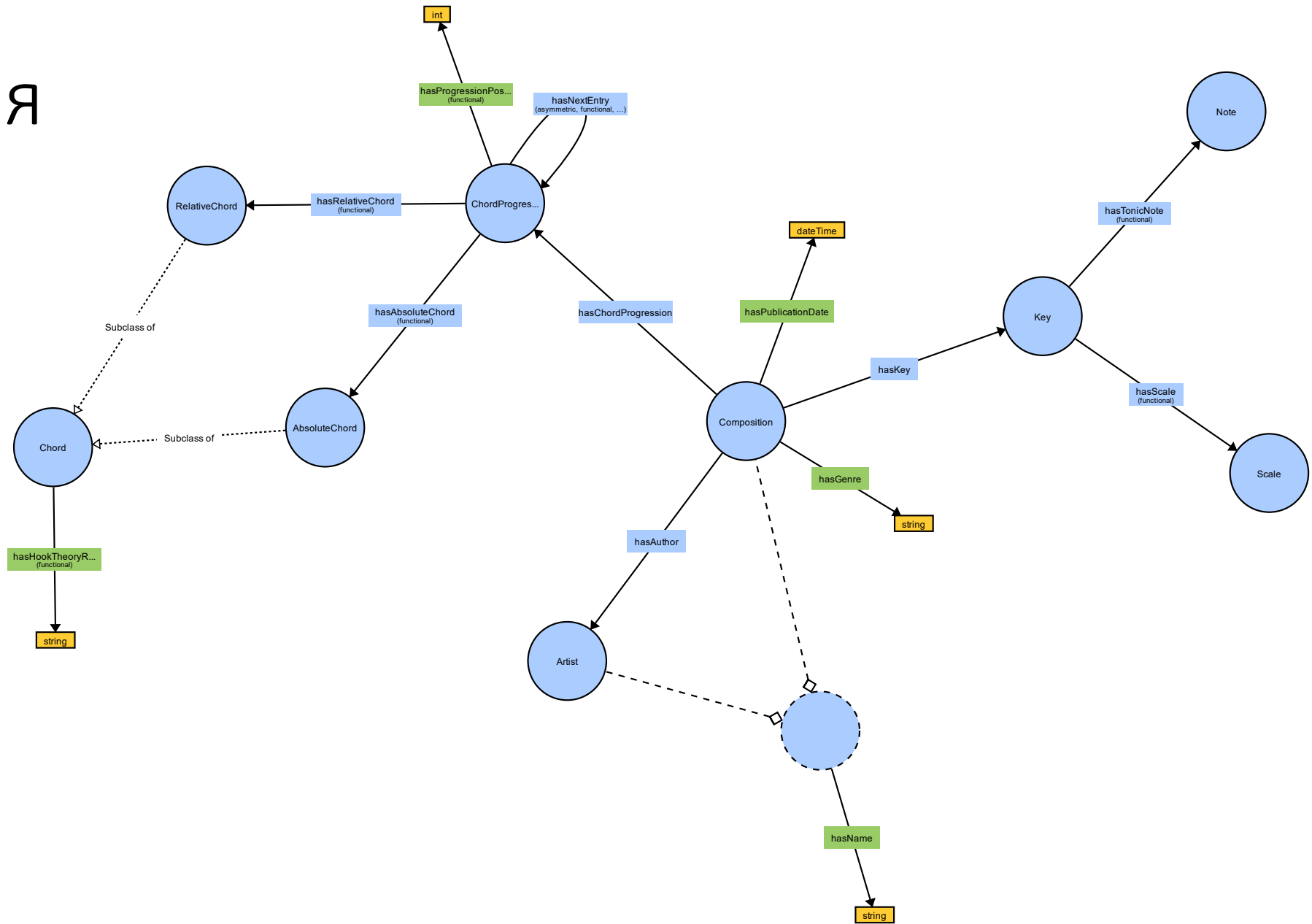
**GET** <https://www.wikidata.org/wiki/Special:EntityData/Q4875518.json>



Данные в формате JSON:

- instance of (класс объекта)
- part of (альбом)
- genre
- publication date
- record label
- и.т.д.

# Онтология



# Компетентностные вопросы

- Как будет выглядеть мажорное трезвучие на четвёртой ступени («IV») в тональности «Ab major»? – *к графу запрос проще*
- Какие аккордовые последовательности популярны у конкретного исполнителя?
- Какие аккордовые последовательности популярны у конкретного жанра?  
– *данные из разных источников*
- Какие тональности были самыми популярными в 2000е?  
– *данные из разных источников*

# SPARQL – 1

Как будет выглядеть  
мажорное трезвучие  
на четвёртой  
ступени («IV»)  
в тональности  
«Ab major»?

Triple store – Stardog  
~2.2М триплетов

```
9  SELECT ?abs_chord_repr (COUNT(?abs_chord_repr) AS ?abs_chord_count) WHERE {
10    ?rel_chord a chp:RelativeChord ;
11      chp:hasHookTheoryRepresentation "IV" .
12    ?progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
13      chp:hasRelativeChord ?rel_chord ;
14      chp:hasAbsoluteChord ?abs_chord .
15    ?composition a chp:Composition ;
16      chp:hasChordProgression ?progression_entry ;
17      chp:hasKey ?key.
18    ?key a chp:Key ;
19      chp:hasScale [ a chp:Scale ; rdfs:label "major" ] ;
20      chp:hasTonicNote [ a chp:Note ; rdfs:label "Ab" ] .
21    ?abs_chord a chp:AbsoluteChord ;
22      chp:hasHookTheoryRepresentation ?abs_chord_repr .
23  }
24  GROUP BY ?abs_chord_repr
25  ORDER BY DESC(?abs_chord_count)
26
```

Run to File Text Charts BETA Visualize 5 Results, 1405 ms

abs_chord_repr	abs_chord_count
"Db"	786
"Gb"	17
"A"	3
"Bb"	2
"Ab"	2



# SPARQL – 2.1

Какие аккордовые  
последовательности  
популярны у  
конкретного  
исполнителя?

Относительные  
аккорды.

```
9 SELECT ?rel_chord_repr ?next_rel_chord_repr (COUNT(?progression_entry) as $count) WHERE {
10   ?progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
11   chp:hasRelativeChord ?rel_chord ;
12   chp:hasNextEntry ?next_progression_entry .
13   ?next_progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
14   chp:hasRelativeChord ?rel_chord_next .
15   ?rel_chord a chp:RelativeChord ;
16   chp:hasHookTheoryRepresentation ?rel_chord_repr .
17   ?rel_chord_next a chp:RelativeChord ;
18   chp:hasHookTheoryRepresentation ?next_rel_chord_repr .
19   ?composition a chp:Composition ;
20   chp:hasChordProgression ?progression_entry ;
21   chp:hasAuthor ?author .
22   ?author a chp:Artist ;
23   chp:hasName "Adele" .
24   FILTER (?rel_chord_repr != ?next_rel_chord_repr)
25 }
26 GROUP BY ?rel_chord_repr ?next_rel_chord_repr
27 ORDER BY DESC(?count)
```

rel_chord_repr	next_rel_chord_repr	count
"III"	"VII"	26
"I"	"III"	24
"VII"	"VI(add9)"	18
"VI(add9)"	"I"	16
"VII"	"I"	14
"III64"	"III6"	12
"I"	"III64"	12
"I"	"VII"	12
"III6"	"VI7"	12
"IV"	"I"	11
"VI7"	"I"	11
"II"	"II"	10

# SPARQL – 2.2

Какие аккордовые  
последовательности  
популярны у  
конкретного  
исполнителя?

Абсолютные  
аккорды.

```
9 SELECT ?abs_chord_repr ?next_abs_chord_repr (COUNT(?progression_entry) as $count) WHERE {
10   ?progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
11     chp:hasAbsoluteChord ?abs_chord ;
12     chp:hasNextEntry ?next_progression_entry .
13   ?next_progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
14     chp:hasAbsoluteChord ?abs_chord_next .
15   ?abs_chord a chp:AbsoluteChord ;
16     chp:hasHookTheoryRepresentation ?abs_chord_repr .
17   ?abs_chord_next a chp:AbsoluteChord ;
18     chp:hasHookTheoryRepresentation ?next_abs_chord_repr .
19   ?composition a chp:Composition ;
20     chp:hasChordProgression ?progression_entry ;
21     chp:hasAuthor ?author .
22   ?author a chp:Artist ;
23     chp:hasName "Interpol" .
24   FILTER (?abs_chord_repr != ?next_abs_chord_repr)
25 }
26 GROUP BY ?abs_chord_repr ?next_abs_chord_repr
27 ORDER BY DESC(?count)
28
```

Run to File

Text

Charts

Visualize

25 Results, 55 ms

abs_chord_repr	next_abs_chord_repr	count
"Em7"	"E7sus2"	16
"E7sus2"	"Em7"	12
"C"	"F"	11
"Em"	"Dm"	10
"C"	"Em"	10
"Dm"	"C"	9
"F"	"C"	8
"Gmaj7/B"	"A6"	4
"F"	"Am"	4
"A6"	"Esus2"	4
"Esus2"	"Em7"	4
"Am"	"Em"	4

# SPARQL – 3

Какие аккордовые  
последовательности  
популярны у  
конкретного жанра?

```
9 SELECT ?rel_chord_repr ?next_rel_chord_repr (COUNT(?progression_entry) as $count) WHERE {
10   ?progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
11     chp:hasRelativeChord ?rel_chord ;
12     chp:hasNextEntry ?next_progression_entry .
13   ?next_progression_entry a chp:ChordProgressionEntry ;
14     chp:hasRelativeChord ?rel_chord_next .
15   ?rel_chord a chp:RelativeChord ;
16     chp:hasHookTheoryRepresentation ?rel_chord_repr .
17   ?rel_chord_next a chp:RelativeChord ;
18     chp:hasHookTheoryRepresentation ?next_rel_chord_repr .
19   ?composition a chp:Composition ;
20     chp:hasChordProgression ?progression_entry ;
21     chp:hasAuthor ?author;
22     chp:hasGenre "jazz".
23   FILTER (?rel_chord_repr != ?next_rel_chord_repr)
24 }
25 GROUP BY ?rel_chord_repr ?next_rel_chord_repr
26 ORDER BY DESC(?count)
```

Run to File Text Charts Visualize 35 Results, 395 ms

rel_chord_repr	next_rel_chord_repr	count
"ii7"	"V7"	4
"iiiø65"	"V7"	2
"V7"	"I7"	2
"I6"	"vi"	2
"I7"	"vi65"	2
"I"	"I6"	2
"vi65"	"iiiø65"	2
"V7"	"ii"	2
"vi65"	"ii7"	2
"ii"	"V7"	2

# SPARQL – 4

Какие тональности  
были самыми  
популярными в 2000е?

```
8
9  SELECT ?key (COUNT(?composition) as ?count) WHERE {
10      ?composition a chp:Composition ;
11      chp:hasPublicationDate ?publication_date ;
12      chp:hasKey ?key.
13      ?key a chp:Key ;
14      chp:hasTonicNote ?tonic ;
15      chp:hasScale ?scale .
16  FILTER (
17      ?publication_date >= xsd:dateTime("2000-01-01T00:00:00Z")
18      && ?publication_date < xsd:dateTime("2010-01-01T00:00:00Z")
19  )
20  }
21  GROUP BY ?key
22  ORDER BY DESC(?count)
```

Run to File

Text

Charts

Visualize

32 Results, 102 ms

key	count
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#C_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#C_major</a>	8
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#B_minor">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#B_minor</a>	7
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#D_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#D_major</a>	6
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#F_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#F_major</a>	5
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#Eb_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#Eb_major</a>	5
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#Db_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#Db_major</a>	4
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#A_minor">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#A_minor</a>	4
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#C_minor">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#C_minor</a>	4
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#G_major">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#G_major</a>	4
<a href="http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#G_minor">http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#G_minor</a>	3

# VoID

- void:classes – 16
- void:distinctObjects – 351 494
- void:distinctSubjects – 340 414
- void:properties – 19
- void:triples – 2 286 920

# Doc (pylode)

made by **pyLODE** 3.0.1

## Chord Progressions Ontology

### Metadata

**IRI**

<http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions>

**Title**

Chord Progressions Ontology

### Classes

#### Composition<sup>C</sup>

**IRI**

<http://iburakov.me/ontologies/chord-progressions#Composition>

**In Domain Of**

- [chp:hasAuthor](#)<sup>op</sup>
- [chp:hasChordProgression](#)<sup>op</sup>
- [chp:hasKey](#)<sup>op</sup>
- [chp:hasName](#)<sup>dp</sup>
- [chp:hasGenre](#)<sup>dp</sup>
- [chp:hasPublicationDate](#)<sup>dp</sup>

#### Chord Progression Entry<sup>C</sup>

### Table of Contents

#### Metadata

#### Classes

- [Composition](#)
- [Chord Progression Entry](#)
- [Absolute Chord](#)
- [Artist](#)
- [Chord](#)
- [Key](#)
- [Relative Chord](#)
- [Scale](#)
- [Note](#)

#### Object Properties

- [has author](#)
- [has chord progression](#)
- [has key](#)
- [has absolute chord](#)
- [has next entry](#)
- [has relative chord](#)
- [has scale](#)
- [has tonic note](#)

#### Datatype Properties

- [has name](#)
- [has hook theory representation](#)
- [has progression position](#)
- [has genre](#)
- [has publication date](#)

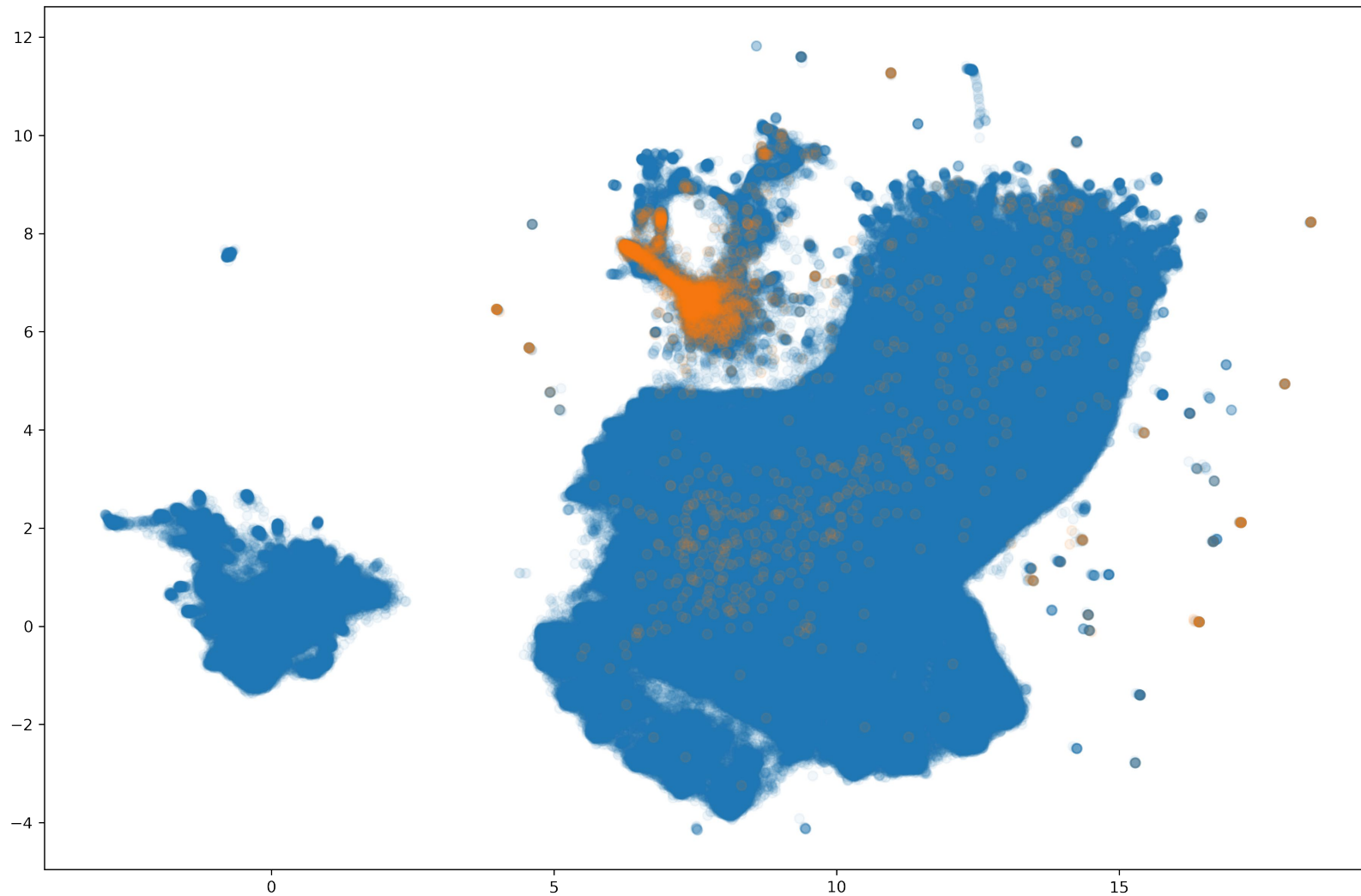
#### Functional Properties

- [has absolute chord](#)
- [has hook theory representation](#)
- [has next entry](#)
- [has progression position](#)
- [has relative chord](#)
- [has scale](#)
- [has tonic note](#)

# Embedding

- Node2Vec, т.к. интересуют прежде всего цепочки аккордов
- Размерность – 32
- Длина цепочек – 10
- Вычислительная сложность –  
более 2 часов на i7-8750H (6 cores, 12 logical) + 16 GB RAM
- Визуализация – UMAP, PCA не справляется с разделением

# Embedding





# Embedding

