

УДК 004

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.1/24>**Завгородній В.В.**

Державний університет інфраструктури та технологій

Завгородня Г.А.

Державний університет інфраструктури та технологій

Байраковський В.В.

Державний університет інфраструктури та технологій

Коваль Р.А.

Державний університет інфраструктури та технологій

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СХОЖИХ ПІСЕНЬ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ ЗВУКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Робота присвячена проблемі, що виникає при спробі орієнтуватися в великому обсязі музичних композицій. У якості рішення, було запропоновано розробити метод, який дозволяє виявляти схожі пісні за звучанням та сортувати їх за ступенем подібності, використовуючи аналіз їх звукових характеристик.

В процесі роботи були розроблені алгоритми для визначення значень частотного балансу, темпу та тональності музичних композицій. Крім того, був створений метод пошуку схожих за звучанням музичних композицій. За результатами експерименту було підтверджено ефективність розробленого методу та розкрито його потенціал.

Була запропонована методика автоматизованого сортування музичних композицій за рівнем подібності їх звукових характеристик, включаючи частотний баланс, темп та тональність. Особлива увага була приділена аналізу саб-басових частот, що дозволяє отримати додаткову інформацію про звукові особливості композицій. Розроблений метод використовує комплексний підхід, який поєднує алгоритми аналізу звукових даних і математичні моделі для визначення значень звукових характеристик. Частотний баланс досліджує розподіл енергії по різних частотних діапазонах, темп визначає швидкість ритму, а тональність виявляє головну музичну тональність композиції. Аналіз саб-басових частот дозволяє отримати додаткову інформацію про нижній діапазон звуку, що має значення для виявлення специфічних характеристик та жанрових особливостей. Результати застосування цієї методики вказують на успішність автоматизованого сортування музичних композицій за рівнем їх звукової подібності.

Розроблена методика може бути використана для покращення існуючих музичних сервісів, особливо в контексті рекомендаційних систем з фільтрацією за змістом. Шляхом впровадження цієї методики, сервіси зможуть надавати користувачам більш точні й персоналізовані рекомендації музичних композицій на основі їх звукових характеристик.

Ключові слова: музичні композиції, звукові характеристики, частотний баланс, метод пошуку, методика автоматизованого сортування музичних композицій, аналіз звукових даних.

Постановка проблеми. У сучасному світі, швидкість зростання обсягу інформації, яка зберігається на цифрових носіях, включаючи музику, є небувалою [1–3].

Завдяки зростанню числа музикантів і виконавців, а також збільшенню обсягу доступної музики, стало важко орієнтуватися в цьому розмаїтті. Однак, розв'язком цієї проблеми стали потокові музичні сервіси [4].

Однак, велика кількість музики може перевищити можливості слухачів у відборі того, що

їм подобається. Саме тут рекомендаційні системи надають допомогу. Ці системи аналізують музичні уподобання слухачів на основі їхньої історії прослуховування, вибору пісень та інших даних [5, 6].

Крім того, деякі потокові музичні сервіси також пропонують функції фільтрації за змістом, які дозволяють користувачам налаштувати свої вподобання та отримувати більш точні рекомендації.

Отже, потокові музичні сервіси разом з рекомендаційними системами стали важливими

інструментами для орієнтації у великому обсязі музичної інформації. Вони допомагають користувачам відкривати нову музику, знайомитися з новими виконавцями і насолоджуватися незрівнянними музичними враженнями [7–9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні технології сприяють створенню, зберіганню та поширенню величезної кількості даних у різних формах, включаючи текстові, аудіо, відео, зображення та інші формати. Це пов'язано зі збільшенням кількості медійного контенту, електронної комунікації, соціальних мереж, наукових досліджень, бізнес-даних та інших джерел інформації [10–12].

Однак, разом зі зростанням обсягу інформації виникають виклики, пов'язані з її ефективним зберіганням, організацією та здійсненням пошуку [13–15]. Технології обробки інформації, такі як штучний інтелект, машинне навчання та аналітика даних, стають важливими інструментами для управління «інформаційним вибухом» та виділення значущої інформації з шуму даних.

Сервіси, такі як Spotify [16], використовують складні алгоритми аналізу музичних уподобань користувачів та надання рекомендацій, які базуються на їхніх індивідуальних смаках. Ці алгоритми беруть до уваги різноманітні фактори, такі як жанр, настрій, популярність та інші параметри, щоб зробити персоналізовані рекомендації для кожного користувача.

Крім того, сервіси також використовують колективну інтелекцію, або так звану «подібність до інших користувачів», де рекомендації формуються на основі уподобань інших користувачів з подібними смаками.

У всіх цих випадках технології аналізу звуку, машинного навчання та штучного інтелекту використовуються для створення моделей, які можуть враховувати різноманітні параметри звуку та музичних композицій [17]. Ці моделі можуть використовуватися для автоматичного та точного сортування музики за ступенем подібності.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є:

1. Виявити звукові характеристики, які можуть бути використані для порівняння музичних композицій.
2. Розробити автоматичний метод визначення значень цих звукових характеристик у музичних композиціях.
3. Розробити методику порівняння та сортування музичних композицій за ступенем їх звукової подібності.

4. Провести експеримент та порівняти результати розроблених методик з результатами роботи існуючих музичних сервісів.

Виклад основного матеріалу. Для аналізу характеристик музичних композицій в даній роботі пропонується використовувати один формат для всієї музики. У даному методі використовується найбільш поширений для зберігання музики і забезпечення високої якості звуку формат MPEG-3 Layer 3 з бітрейтом 320 кбіт/с та частотою дискретизації 44 100 Гц.

1. Визначення частотного балансу музичних композицій

Основною характеристикою методу для порівняння та пошуку музичних композицій є їхній частотний баланс. Для цього використовується діапазон частот, який сприймає людське вухо, а саме від 25 Гц до 20 кГц. В музичній індустрії використовується стандарт ISO 266, де для роботи з частотами застосовується логарифмічна шкала. Щоб скласти частотний баланс композиції, також використовується логарифмічна шкала, на якій розміщено 500 точок з рівномірним інтервалом між ними, кожна точка відповідає певній частоті. Точність аналізу залежить від кількості використовуваних точок-частот, і в даному випадку було вирішено використовувати 500 точок. Збільшення кількості точок не призводить до значного зростання точності. Позначення точок відбувається від нижньої межі 25 Гц ($n = 1$) до верхньої межі 20 кГц ($n = 500$).

Для досягнення рівномірного розподілу частот за логарифмічною шкалою використовується наступна формула (1):

$$P = 25 \cdot 1,0135^{sn-1}, \quad (1)$$

де P – значення частоти; sn – порядковий номер частоти в діапазоні від 1 до 500.

При обчисленні рівня енергії звуку на кожному відліку дискретизації пісні для кожної частоти, визначається рівень енергії. Після цього, обчислюється середнє арифметичне значень рівнів енергії для кожної частоти. Отримана сукупність цих значень буде представляти частотний баланс.

Формула для розрахунку частотного балансу музичної композиції (2) може бути записана таким чином:

$$AAV_{sn} = \frac{\sum_{m=1}^m VL_{sn}^c}{m}, \quad (2)$$

де AAV_{sn} – середнє арифметичне значення енергії звуку на частоті sn ; sn – порядковий номер частоти, який може знаходитись в діапазоні від 1 до 500; c – номер відліку дискретизації; VL – рівень гучності частоти sn у відліку c .

2. Визначення темпу музичних композицій

Для визначення сплесків звукової енергії рекомендується використовувати відрізки музики залежно від їх тривалості. Для цього можна використовувати мінімальний розмір ноти – 1/64 такту, і визначити її тривалість. Варто зазначити, що тривалість цієї ноти залежатиме від темпу музичної композиції: чим вищий темп, тим коротше триватиме ця нота.

Згідно з дослідженням Д. Олівета, яке присвячене виявленню закономірностей у музиці, найшвидший темп, що використовується в музиці, складає 238 BPM [8]. В такому темпі 1/64 такту має тривалість 15 мс.

При частоті дискретизації 44 100 Гц, тривалість 15 мс складатиме 661,5 відліку. Оскільки відліки не можуть бути розділені на частини, дробове значення округлюється, і в результаті отримується 662 відліки. Для подальших розрахунків будемо позначати це значення як nb .

Кількість звукової енергії у виділеному відрізку музичної композиції розрахуємо за формулою (3):

$$ASE_{nb} = \sum_m^{nb} ASE^c, \quad (3)$$

де ASE_{nb} – означає кількість звукової енергії, що міститься у відліках; nb – кількість відліків у 1/64 такту; c – номер відліку дискретизації; а ASE^c – кількість енергії звуку у відліку c .

Для визначення найближчої середньої звукової енергії, достатньо використовувати фрагмент музики тривалістю 1 секунда. Якщо фрагмент буде коротшим, то сплески будуть сприйняті як шум, а не як ритмічні удари. З іншого боку, якщо фрагмент буде довшим, це негативно вплине на точність розрахунків. Після визначення загального рівня енергії звуку для фрагмента тривалістю 1 секунда і поділу його на кількість відрізків, можемо розрахувати найближчу середню енергію звуку за допомогою наступної формули (4):

$$ASE_n = \frac{1}{nb \sum_{c=1}^{SF} ASE^c}, \quad (4)$$

де ASE_n – найближча середня енергія звуку, яка міститься в SF відліках; SF – частота дискретизації; nb – кількість відліків, що містяться в 1/64 такту; c – порядковий номер відліку дискретизації; ASE^c – кількість енергії звуку, яка міститься у відліку c .

Далі необхідно визначити, наскільки значною має бути різниця між кількістю звукової енергії, виділеною у певному фрагменті, та найближчою середньою енергією звуку, щоб зробити висновок про присутність удару в цьому фрагменті.

Шляхом проведення експериментів було встановлено, що оптимальним є рівень різниці в 1,3 рази. Позначимо цей коефіцієнт як $coef$. Таким чином, удар буде слухово помітним, якщо буде виконуватися наступна умова, визначена формулою (5):

$$ASE_{nb} \geq coef \cdot ASE_n, \quad (5)$$

де ASE_{nb} – кількість звукової енергії, що міститься у виділеному фрагменті звуку; ASE_n – найближча середня енергія звуку; $coef$ – коефіцієнт різниці між цими енергіями.

Виявивши удари, можна обчислити час між ними, а з нього розрахувати темп музичної композиції. Темп вважається кількістю чвертей такту, що звучать за хвилину. Наведемо формулу для обчислення темпу музичної композиції (6):

$$TMC = \frac{60}{t_{fs} - t_{ss}}, \quad (6)$$

де TMC – темп музичної композиції; t_{fs} – час першого удару; t_{ss} – час другого удару.

Оскільки цей алгоритм може виявляти удари не тільки в чверті, але й у половині, і у восьмій частині такту, то TMC (час ритмічного маркування) може бути занадто малим або великим. Для досягнення оптимального значення TMC рекомендується обирати значення між 100 і 200. Якщо темп не відповідає цьому діапазону, його можна збільшити або зменшити в 2 або 4 рази, щоб отримати бажане значення.

3. Аналіз тоновості музичних композицій з метою встановлення їхнього музичного тонального центру

У музиці існує певний діапазон частот, в якому інструменти не перетинаються один з одним, оскільки музиканти стараються зберегти чистоту звучання. Цей діапазон називається саб-басом.

Для визначення цих нот використовується діапазон частот від 25 до 63 Гц, в якому зазвичай розташовуються саб-баси. У цьому діапазоні знаходяться ноти контроктави і субконтроктави.

Кожен вимір дискретизації визначається частотою, на якій звук має найбільшу енергію, а потім знаходиться найближча до неї нота за формулою (7):

$$MN^c \approx \max \{P_1^c, P_2^c, \dots, P_i^c\}, \quad (7)$$

де MN^c – позначає музичну ноту, яка звучить на i -тому вимірі c ; $\{P_1^c, P_2^c, \dots, P_i^c\}$ – діапазон частот від 25 до 63 Гц; c – порядковий номер виміру дискретизації; i – кількість частот.

На підставі нот, що звучали в саб-басі, визначається тоновідношення музичного твору та його тоновий лад – мажорний або мінольний.

4. Аналіз музичних композицій на основі їх звукових характеристик

Спочатку необхідно окремо порівняти музичні композиції за кожною зі звукових характеристик.

З отриманих значень буде обчислена кінцева різниця між композиціями. Для того, щоб оцінити цю різницю за частотним балансом, слід знайти різницю між відповідними частотами.

Формула (8) дозволяє обчислити величину різниці частотних балансів між двома музичними композиціями. Для цього використовується відношення суми отриманих значень до числа використаних частот:

$$VD = \frac{\sum_{sn=1}^{500} |AAV_{sn}^{ca} - AAV_{sn}^{cb}|}{sn}, \quad (8)$$

де VD – відносна різниця між частотними балансами композицій ca і cb ; AAV_{sn}^{ca} – середнє арифметичне значення енергії звуку частоти sn у музичній композиції ca , а AAV_{sn}^{cb} – у музичній композиції cb ; sn – порядковий номер частоти, який може знаходитись в діапазоні від 1 до 500.

Величина різниці темпів двох музичних композицій буде дорівнювати відношенню різниці у темпах до значення темпу обраної композиції. Різниця між темпами вважається без урахування знаку і розраховується за формулою (9):

$$TMC_{ID} = \frac{|TMC^{ca} - TMC^{cb}|}{TMC^{ca}}, \quad (9)$$

де TMC_{ID} – це відносна різниця у темпі між музичними композиціями ca та cb . TMC_{ID} приймає значення від 0 до 1, де 0 означає, що композиції мають однаковий темп, а 1 означає, що темпи композицій відрізняються вдвічі.

Після цього музичні композиції порівнюються за їхніми тональностями. За допомогою експерименту було встановлено, що якщо композиції мають різні тональні лади, то кінцеве значення

різниці слід збільшити на 10%. Цей параметр позначається як MOD .

Для обчислення кінцевої відносної різниці між двома музичними композиціями, враховуючи порівняння їх звукових характеристик, застосовується формула (10):

$$Tot = VD \cdot (1 + TMC_{ID} + MOD), \quad (10)$$

де Tot – кінцеве значення різниці між двома композиціями. Воно є додатнім числом, при чому більше значення вказує на сильнішу різницю в звучанні композицій. Значення 0 означає, що композиції ідентичні за звучанням; MOD – параметр, який дорівнює 0.1, якщо порівнювані композиції мають різні тонові лади, або 0, якщо вони однакові.

5. Проведення експерименту

За допомогою розробленого методу було створено додаток, який проаналізував 25 тисяч музичних композицій різних жанрів. Значення аудіо-характеристик, отримані під час аналізу, були занесені до бази даних.

Для здійснення експерименту було обрано п'ять музичних композицій. Загалом було відібрано десять учасників, з яких п'ять мають музичну освіту.

На початку експерименту було необхідно, щоб учасники прослухали запропоновані музичні композиції. Після цього їм треба було знайти у мережі Інтернет по 10 пісень, які схожі за звучанням до кожної з композицій. Метою експерименту було продемонструвати учасникам, наскільки важким може бути пошук потрібних композицій, тому їм було заборонено користуватися потоковими музичними сервісами.

На наступному етапі експерименту учасники мали завантажити 5 обраних композицій до ство-

Таблиця 1

Результати експерименту

Номер учасника	Розроблений додаток		Google Play Music		Spotify	
	Оцінка учасника	Оцінка експерта	Оцінка учасника	Оцінка експерта	Оцінка учасника	Оцінка експерта
1	6,3	6,7	8,4	8,3	9,5	9,2
2	4,7	6,7	8,3	8,2	9,0	9,3
3	8,0	6,7	5,9	8,3	10,0	9,2
4	3,8	6,7	7,9	8,1	9,5	9,6
5	5,6	6,7	9,0	8,2	9,5	9,3
6	5,9	6,7	8,1	8,7	9,5	9,6
7	7,1	6,7	7,2	8,2	10,0	9,2
8	7,4	6,7	8,2	8,5	9,5	9,5
9	5,4	6,7	8,8	8,3	9,0	9,4
10	6,8	6,7	9,5	8,2	9,5	9,4
Остаточний результат	6,1	6,7	8,13	8,3	9,5	9,37
Розбіжність, %	8,96		2,05		1,37	

реної програми, а також до сервісів Google Play Music та Spotify. Потім вони повинні були оцінити перші 10 пісень, запропонованих кожним з сервісів для кожної завантаженої композиції. Оцінювалася подібність звучання між завантаженою музичною композицією та запропонованою піснею. Оцінки ставилися за шкалою від 1 до 10, де 1 означало, що композиції абсолютно не схожі за звучанням, а 10 вказувало на ідентичність звучання. Загалом, кожен учасник надав по 50 оцінок для кожного з додатків.

У фінальному етапі приймав участь експерт, який провів додаткову оцінку всіх композицій, запропонованих сервісами під час експерименту.

За допомогою обчислення середньоарифметичного з отриманих оцінок для кожного випробуваного, була підрахована загальна оцінка для кожного з додатків. Подібним чином були отримані оцінки експерта і остаточні оцінки для кожного додатка.

У Таблиці 1 наведені загальні оцінки, надані випробуваними та експертом, а також остаточні оцінки для кожного з сервісів.

З таблиці 1 видно, що розбіжності в оцінках між учасниками експерименту та експертом становили менше 10%, що свідчить про достовірність отриманих результатів.

Висновки. У даному дослідженні було розроблено метод, який дозволяє виявляти схожі пісні

за їх звучанням та сортувати їх за ступенем подібності, використовуючи аналіз їх звукових характеристик. Один з підходів до порівняння полягає у використанні алгоритмів класифікації та кластеризації, що дозволяють групувати пісні зі схожим звучанням.

Результати аналізу звукових характеристик дозволяють створити метрику подібності між піснями, яка використовується для їх сортування за ступенем подібності.

Розроблений метод виявляється ефективним у виявленні схожих пісень за звучанням та дозволяє зробити процес сортування музичних композицій більш точним і користувачки орієнтованим.

Результати роботи дозволили встановити ефективність розроблених методів порівняння музичних композицій на основі їх звукових характеристик і порівняти їх з результатами, отриманими від існуючих музичних сервісів.

Запропонований метод ефективно вирішує проблему орієнтації у великих музичних обсягах. За оцінками експерта, програма, розроблена на основі цієї методики, надає лише на 28% менш точні рекомендації порівняно зі Spotify. Ця різниця не є значущою, й при збільшенні обсягів музичної бібліотеки результати роботи методу можуть бути подальшим чином вдосконалені.

Список літератури:

1. D. Bouneffouf, A. Bouzeghoub and A. L. Gancarski, "Following the User's Interests in Mobile Context-Aware Recommender Systems: The Hybrid-e-greedy Algorithm," 2012 *26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*. Fukuoka, Japan, 2012. pp. 657-662. DOI: <https://doi.org/10.1109/WAINA.2012.200>
2. Aoife Coffey. The impact that music streaming services such as Spotify, Tidal and Apple Music have had on consumers, artists and the music industry itself. University of Dublin. 2016. URL: <https://www.scss.tcd.ie/publications/theses/diss/2016/TCD-SCSS-DISSERTATION-2016-027.pdf> (дата звернення: 23.05.2023)
3. Eriksson, M. Close reading big data: The Echo Nest and the production of (rotten) music metadata. *First Monday*. 2016. 21(7). DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v21i7.6303>
4. Jehan, T. Creating music by listening (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, School of Architecture and Planning, Program in Media Arts and Sciences). 2005. URL: https://web.media.mit.edu/~tristan/phd/pdf/Tristan_PhD_MIT.pdf (дата звернення: 26.05.2023)
5. Kaitila, J. A content-based music recommender system. 2017. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/250147513.pdf> (дата звернення: 20.05.2023)
6. Tagg, P. Analysing Popular Music: Theory, Method and Practice. *Popular Music*. 1982. No2. pp. 37–67. <http://www.jstor.org/stable/852975>
7. Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, Paul B. Kantor. Recommender Systems Handbook. *Springer New York*, NY. P. 842. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_1
8. Santos-González I, Rivero-García A, Molina-Gil J, Caballero-Gil P. Implementation and Analysis of Real-Time Streaming Protocols. *Sensors*. 2017; 17(4):846. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17040846>
9. Zhao Shuyang. A personalized hybrid music recommender based on empirical estimation of user-timbre preference. *Tampere University of Technology*. 2014. URL: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-201405131164> (дата звернення: 25.05.2023)
10. Suied C, Agus TR, Thorpe SJ, Pressnitzer D. Processing of short auditory stimuli: the rapid audio sequential presentation paradigm (RASP). *Adv Exp Med Biol*. 2013;787:443-51. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1590-9_49

11. Nicholas C. Zakas. How content delivery networks (CDNs) work. 2011. URL: <https://humanwhocodes.com/blog/2011/11/29/how-content-delivery-networks-cdns-work/> (дата звернення: 22.05.2023)
12. Marco Ziccardi. Beat Detection Algorithms (Part 1). URL: <https://mziccard.me/2015/05/28/beats-detection-algorithms-1/> (дата звернення: 27.05.2023)
13. Dodonov, A., Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Kornaga, Y., & Zavgorodnya, A. Method of searching for information objects in unified information space. *System research and information technologies*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2021.1.03>
14. Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Kornaga, Y., Zavgorodnya, A., Krylov, I., Rybalochka, A., ... & Belous, R. Devising a method to identify an incoming object based on the combination of unified information spaces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 3(2), 111. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229568>
15. Dodonov, A., Mukhin, V., Zavgorodnii, V., Kornaga, Y., Zavgorodnya, A., & Mukhin, O. Method of Parallel Information Object Search in Unified Information Spaces. *International Journal of Computer Network and Information Security (IJCNIS)*, 2021. 13(4), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2021.04.01>
16. Spotify vs. Pandora Full Comparison. 2023. URL: <https://history-computer.com/spotify-vs-pandora/> (дата звернення: 29.05.2023)
17. Matt Payne. Best Use Cases For Product Matching In Ecommerce & How You Can Implement Each One. 2021. URL: <https://www.width.ai/post/product-matching-in-ecommerce> (дата звернення: 27.05.2023)

Zavgorodnii V.V., Zavgorodnya A.A., Bairakovskiy V.V., Koval R.A. DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETECTING SIMILAR SONGS BASED ON THE ANALYSIS OF THEIR SOUND CHARACTERISTICS

The work is devoted to the problem that arises when trying to navigate in a large volume of musical compositions. As a solution, it was proposed to develop a method that allows you to identify similar songs by sound and sort them according to the degree of similarity, using the analysis of their sound characteristics.

In the process of work, algorithms were developed for determining the values of frequency balance, tempo and tonality of musical compositions. In addition, a method of searching for musical compositions similar in sound was created. According to the results of the experiment, the effectiveness of the developed method was confirmed and its potential was revealed.

A method of automated sorting of musical compositions according to the level of similarity of their sound characteristics, including frequency balance, tempo and tonality, was proposed. Special attention was paid to the analysis of sub-bass frequencies, which allows you to get additional information about the sound features of the compositions. The developed method uses a comprehensive approach that combines sound data analysis algorithms and mathematical models to determine the values of sound characteristics. Frequency balance examines the distribution of energy across different frequency ranges, tempo determines the speed of the rhythm, and tonality reveals the main musical key of the composition. Analysis of sub-bass frequencies allows you to obtain additional information about the lower range of sound, which is important for identifying specific characteristics and genre features. The results of the application of this technique indicate the success of the automated sorting of musical compositions according to the level of their sound similarity.

The developed technique can be used to improve existing music services, especially in the context of recommender systems with content filtering. By implementing this technique, services will be able to provide users with more accurate and personalized recommendations of musical compositions based on their sound characteristics.

Key words: *musical compositions, sound characteristics, frequency balance, search method, methodology of automated sorting of musical compositions, analysis of sound data.*