

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

На правах рукопису

ГРІЙО ТУКАЛО ОКСАНА ФРАНСИСКІВНА

УДК 621.39

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОШУКУ ЗАДАНИХ ФРАГМЕНТІВ В
АРХІВІ АУДІОЗАПИСІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ KD-ДЕРЕВ

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник
ТКАЧЕНКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ
кандидат технічних наук, доцент

Вінниця – 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	Error! Bookmark not defined.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ І СИСТЕМ ПОШУКУ	
АУДІОЗАПИСІВ У ВЕЛИКИХ КОРПУСАХ	Error! Bookmark not defined.
1.1 Актуальність задачі пошуку на основі аудіоконтенту	Error! Bookmark not defined.
1.1.1 Сфери застосування пошуку на основі аудіоконтенту ..	Error! Bookmark not defined.
1.1.2 Оцінювання подібності аудіозаписів	Error! Bookmark not defined.
1.2 Характеристика основних етапів розв’язання задачі автоматичного пошуку аудіозаписів	Error! Bookmark not defined.
1.2.1 Аналіз параметрів математичної моделі аудіосигналу .	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Аналіз методів класифікації та методів швидкого пошуку	Error! Bookmark not defined.
1.3 Огляд основних підходів та методів оцінювання подібності мультимедійного контенту	Error! Bookmark not defined.
1.4 Огляд сучасних систем пошуку аудіозаписів за аудіоконтентом	Error! Bookmark not defined.
1.5 Мета та задачі дослідження	Error! Bookmark not defined.
1.6 Висновки до першого розділу	Error! Bookmark not defined.
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПИСУ	
АУДІОСИГНАЛІВ ТА ФОРМУВАННЯ КОРПУСУ АУДІОЗАПИСІВ	
НА ОСНОВІ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ	Error! Bookmark not defined.
2.1 Розробка математичної моделі опису аудіосигналів.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Обґрунтування вибору MFCC як параметрів опису аудіозаписів ...	Error! Bookmark not defined.

2.1.2 Дослідження основних характеристик MFCC для розв'язання задачі пошуку аудіозаписів.....**Error! Bookmark not defined.**

2.1.3 Загальна схема обчислення MFCC**Error! Bookmark not defined.**

2.2 Обґрунтування застосування кластерного аналізу для формування корпусу аудіозаписів.....**Error! Bookmark not defined.**

2.3 Розробка методу кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з удосконаленим вибором кандидата на нову позицію вставки **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Дослідження kd-дерев як засобу структуризації бази параметрів для пошуку аудіофрагмента в корпусі аудіозаписів**Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Задача пошуку найближчого сусіда. Обґрунтування виконання швидкого пошуку на основі kd-дерева.....**Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 Аналіз прямої та зворотної фази пошуку найближчого сусіда на основі kd-дерева.....**Error! Bookmark not defined.**

2.4.3 Аналіз чинників впливу на продуктивність пошуку на основі kd-дерева.....**Error! Bookmark not defined.**

2.4.4 Вибір варіанта поділу простору для побудови kd-дерева **Error! Bookmark not defined.**

2.4.5 Дослідження залежності продуктивності пошуку від розмірності і коефіцієнта розповсюдження зворотної фази пошуку.....**Error! Bookmark not defined.**

2.5 Висновки до другого розділу.....**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДІВ ШВИДКОГО ПОШУКУ

ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ KD-ДЕРЕВ.....**Error! Bookmark not defined.**

3.1 Визначення приведеної відстані (ПВ).....**Error! Bookmark not defined.**

3.2 Обґрунтування можливості визначення аудіозапису за його аудіофрагментом**Error! Bookmark not defined.**

3.2.1 Визначення мінімальної тривалості аудіофрагмента **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2	Метод пошуку найближчого аудіозапису в корпусі за ПВ	Error! Bookmark not defined.
3.2.3	Результати оцінювання близькості аудіозаписів за методом пошуку власного аудіозапису на основі ПВ.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Метод пошуку аудіофрагмента на основі kd-дерева з оцінкою міри близькості за зваженою кількістю попадань в список найближчих центроїдів	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Загальний підхід до реалізації пошуку в корпусі аудіозаписів, впорядкованому на основі kd-дерева	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Оцінка міри близькості за приведеною відстанню ..	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Оцінка міри близькості за кількістю попадань в список k найближчих центроїдів (Hits)	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Оцінка міри близькості за зваженою кількістю попадань в список k найближчих центроїдів (Weighted Hits)	Error! Bookmark not defined.
3.3.5	Результати порівняння запропонованих оцінок міри близькості невідомого аудіофрагмента з аудіозаписами в корпусі ...	Error! Bookmark not defined.
3.4	Дослідження чинників впливу на продуктивність пошуку із застосуванням kd-дерев.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Залежність часу пошуку по kd-дереву від розміру бази параметрів корпусу	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Залежність обчислювальної складності пошуку від розмірності параметрів	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Залежність обчислювальної складності від коефіцієнта розповсюдження зворотної фази пошуку	Error! Bookmark not defined.
3.4.4	Метод комбінованого пошуку аудіозапису за заданим аудіофрагментом	Error! Bookmark not defined.
3.5	Висновки до третього розділу	Error! Bookmark not defined.

РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПОШУКУ ЗАДАНИХ АУДІОФРАГМЕНТІВ ТА МОНІТОРИНГУ РАДІОМОВЛЕННЯ.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Розробка структури інформаційної технології пошуку заданих фрагментів в архіві аудіозаписів.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Розробка програмного забезпечення інформаційної технології пошуку заданих фрагментів в архіві аудіозаписів	Error! Bookmark not defined.
4.3 Застосування запропонованих методів пошуку для моніторингу радіомовлення	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Особливості виконання пошуку кількох ідентичних аудіозаписів в архіві	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Перевірка стійкості системи пошуку до спотворень аудіозаписів ..	Error! Bookmark not defined.
4.4 Оцінювання ефективності інформаційної технології пошуку заданих фрагментів в архіві аудіозаписів	Error! Bookmark not defined.
4.5 Висновки до четвертого розділу	Error! Bookmark not defined.
ВИСНОВКИ	Error! Bookmark not defined.
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	12
ДОДАТКИ	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК А Лістинги програми.....	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК Б Методичні рекомендації щодо використання системи автоматичного пошуку аудіозаписів.....	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК В АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ.....	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток Інтернету, цифрових ЗМІ, мультимедійних технологій та нових способів обробки звукової інформації викликав великий інтерес і увагу до шляхів, якими інформаційні технології можуть бути застосовані до такого контенту. З можливістю доступу до великих архівів мультимедіа, практично в будь-якому місці і в будь-який час, необхідно було запропонувати нові способи навігації та взаємодії з цими архівами аудіозаписів.

Суть пошуку на основі аудіоконтенту полягає в тому, щоб автоматично визначати аудіозаписи, що містять частини, подібні до заданого аудіофрагменту. Більшість існуючих систем поєднує в собі такі етапи обробки аудіозаписів: аналіз вхідного аудіосигналу, виділення певних параметрів (ознак), вибір міри їхнього порівняння та визначення аудіозапису або деякої категорії аудіозаписів, найближчих до аудіофрагменту за обраною мірою. У подальшому, говорячи про розподіл аудіозаписів за категоріями (наприклад, музика, мовлення, тиша), будемо використовувати термін "класифікація", тоді як визначення конкретного аудіозапису будемо називати пошуком. Слід зазначити, що в англійській літературі термін "класифікація" використовується в обох випадках, тобто у більш широкому сенсі.

Важливим завданням для систем пошуку на основі аудіоконтенту є масштабованість, оскільки розміри мультимедійних архівів (музики, фільмів, теле- та радіопередач, стенограм судових засідань тощо) сягають сотень тисяч і навіть мільйонів аудіозаписів та зростають постійно. Це, в свою чергу, також вимагає використання компактних параметрів з низькою складністю обчислень та ефективних методів пошуку в архівах аудіозаписів. Відповідно, в процесі розробки методів пошуку в великих архівах аудіозаписів потрібно досягти компромісу між обчислювальною складністю та повнотою пошуку.

Незважаючи на великі успіхи, досягнуті у цій галузі в останні роки, сучасним інформаційно-пошуковим системам притаманні певні недоліки, зокрема:

- недостатня продуктивність під час роботи з великими архівами;

- неможливість їх безпосереднього застосування для розв'язання таких задач, як моніторинг трансляції на радіостанціях (телебаченні) для визначення кількості повторень в ефірі рекламного продукту, музичного твору тощо.

Отже, створення інформаційної технології пошуку заданих фрагментів в архівах аудіозаписів є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота тісно пов'язана з планом науково-дослідної та навчальної роботи кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету, зокрема дисертаційне дослідження проводилось в рамках держбюджетної теми "Технології побудови інтелектуальних аналого-цифрових систем моніторингу та аналізу мультимедійної інформації" (№ держреєстрації 0115U001119).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення повноти та релевантності результатів і швидкості пошуку заданих аудіофрагментів в архіві аудіозаписів за рахунок розроблення нової інформаційної технології.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі наукові та практичні задачі:

- проаналізувати існуючі системи і методи автоматичного оцінювання подібності аудіозаписів для розв'язання задач пошуку на основі аудіоконтенту; визначити основні вимоги до параметрів опису аудіозаписів, на основі яких обрати параметри математичної моделі та дослідити основні їхні характеристики для розв'язання задачі пошуку аудіофрагментів;
- розвинути метод кластеризації на основі k -середніх з метою отримання розв'язку, наближеного до глобального мінімуму похибки кластеризації;
- розробити модель корпусу аудіозаписів, яка містить масив файлів, базу параметрів та метаданих і динамічне kd -дерево для виконання в ньому пошуку аудіозаписів за аудіофрагментами з різною тривалістю звучання;
- розвинути метод пошуку на основі kd -дерева з удосконаленою оцінкою міри близькості, що дозволить досягнути підвищення повноти та релевантності результатів пошуку;

- на основі аналізу основних факторів впливу на продуктивність пошуку та масштабованість системи для підвищення швидкості пошуку розробити метод комбінованого пошуку аудіозапису за заданим фрагментом;
- розробити алгоритмічне і програмне забезпечення та провести практичну апробацію інформаційної технології пошуку заданих фрагментів в архівах аудіозаписів.

Об'єкт дослідження – процеси оброблення та пошуку аудіозаписів в електронних архівах.

Предмет дослідження – модель корпусу аудіозаписів та методи пошуку в корпусі аудіозаписів заданого аудіофрагмента.

Методи дослідження базуються на основних положеннях теорії цифрової обробки сигналів для визначення параметрів математичної моделі опису аудіосигналу; кластерного аналізу при формуванні корпусу даних; математичної статистики для обґрунтування можливості пошуку аудіозапису за фрагментом; теорії алгоритмів та методів обчислень для розробки методів пошуку; теорії дослідження операцій для оцінювання обчислювальної складності запропонованих методів; комп'ютерного моделювання для дослідження розроблених методів пошуку заданого аудіофрагмента в корпусі.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше запропоновано модель корпусу аудіозаписів, яка містить масив файлів, базу параметрів та метаданих і динамічне kd-дерево, що дозволило зменшити тривалість обраного для пошуку аудіофрагмента та реалізувати інформаційну технологію пошуку аудіозаписів з різною тривалістю звучання.
2. Вперше запропоновано метод комбінованого пошуку аудіозапису за заданим аудіофрагментом, який базується на виконанні наближеного пошуку у базі параметрів зменшеної розмірності із застосуванням kd-дерева кількох найближчих аудіозаписів на першому етапі пошуку, серед яких на другому етапі відбувається вибір релевантного аудіозапису, що дозволило досягти зменшення часу пошуку порівняно з точним пошуком на основі kd-дерева.

3. Удосконалено метод пошуку на основі kd-дерева, який, на відміну від існуючих, використовує оцінку міри близькості за зваженою кількістю попадань в список найближчих центроїдів, що дозволяє підвищити повноту та релевантність результатів пошуку.

4. Отримав подальшого розвитку метод кластеризації k-середніх, який відрізняється від існуючих удосконаленою процедурою відбору вектора на позицію вставки нового центроїда шляхом послідовного запуску методу k-середніх, що дозволяє отримати розв'язок, наближений до глобального мінімуму похибки кластеризації.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено інформаційну технологію пошуку заданих аудіофрагментів в архіві аудіозаписів, яка містить:

- алгоритм та програму для реалізації методу кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з удосконаленим вибором вектора на позицію вставки нового центроїда;
- алгоритм та програму пошуку заданого аудіофрагмента на основі математичного очікування похибки кластеризації;
- алгоритм та програму швидкого пошуку на основі kd-дерев;
- методика використання системи автоматичного пошуку аудіозаписів.

Розроблено алгоритми та програмні засоби для дослідження методу швидкого пошуку заданих аудіофрагментів в архіві аудіозаписів із застосуванням kd-дерев. Запропоновані методи та розроблені на їх основі програми пошуку дозволяють зменшити складність обчислень до 3.6% або в 28 разів порівняно з точним пошуком на основі kd-дерева. Результати досліджень впроваджено в Інституті електроніки та зв'язку Української академії наук (м. Київ, акт впровадження від 05.02.2015), а також у навчальний процес у Вінницькому національному технічному університеті з дисципліни "Цифрова обробка сигналів" (м. Вінниця, акт впровадження від 25.05.2015).

Особистий внесок здобувача. В опублікованих у співавторстві наукових працях автору належать: [1] – експериментальне дослідження та аналіз методів

швидкого пошуку векторів, [2] – розробка методу кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з удосконаленим вибором вектора на позицію вставки нового центроїда, [3] – розробка та аналіз різних методів побудови kd-дерева, [4] – застосування kd-дерев для визначення кандидатів на вибір нового центроїда, [5, 6] – програмна реалізація та оцінювання ефективності методів пошуку на основі kd-дерева за кількістю операцій, [7] – обґрунтування можливості пошуку аудіозапису за його фрагментом на основі математичного очікування похибки кластеризації та визначення мінімальної тривалості аудіофрагмента, [8] – розробка методу пошуку на основі kd-дерева та аналітичних співвідношень для оцінювання міри близькості невідомого аудіофрагмента з аудіозаписами в корпусі, [9] – експериментальне дослідження методу пошуку на основі kd-дерева, [10] – оцінювання необхідної кількості кандидатів на першому етапі пошуку, [11, 12] – аналіз основних факторів впливу на ефективність пошуку, [13, 14] – експериментальна перевірка методу пошуку заданого аудіофрагмента на основі математичного очікування похибки кластеризації (приведеної власної відстані), [15] – обґрунтування виконання швидкого пошуку найближчого аудіозапису в корпусі на основі kd-дерева та аналіз чинників впливу на продуктивність методу пошуку на основі kd-дерева, [16] – розробка та програмна реалізація методу кластеризації з обчисленням відстаней лише до активних центроїдів, [17, 18] – розробка способів швидкого пошуку в багатовимірному просторі, [19] – аналіз параметрів математичної моделі опису аудіосигналів та методів швидкого пошуку, розробка та експериментальне дослідження методів побудови kd-дерева, аналіз чинників впливу на ефективність пошуку, розробка методу пошуку на основі kd-дерева, розробка двоетапного методу пошуку, розробка алгоритмів і програмного забезпечення для реалізації запропонованих методів швидкого пошуку та їхнє експериментальне дослідження.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень за темою роботи неодноразово доповідалися і обговорювалися на ряді конференцій, у т. ч.:

1. III Міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія", 29–31 травня 2012 р., м. Вінниця;
2. II Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальные проблемы современной науки", 13–16 березня 2013 р., м. Ставрополь, Росія;
3. IV Міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія", 28–30 травня 2014 р., м. Вінниця;
4. XII Міжнародній конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)", 14–16 жовтня 2014 р., м. Вінниця;
5. XII Всеукраїнській міжнародній конференції "Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів", 3–7 листопада 2014 р., м. Київ;
6. XLII, XLIII та XLIV щорічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участі працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та Вінницької області (2013–2015 рр.).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 19 наукових праць, серед яких 8 статей у наукових фахових виданнях України [1–8], 7 матеріалів доповідей у збірниках матеріалів міжнародних конференцій [9–15], свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерну програму) [16], 2 патенти України на корисну модель [17, 18] та монографія [19]. До міжнародних наукометричних баз входять 7 публікацій, зокрема [1] — входить до CSA, CISA, INIS, Inspec, ВІНІТІ РАН, [2, 3, 12] та [6–8] — індексується в РІНЦ.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота загальним обсягом 194 сторінки складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та трьох додатків. Основний текст дисертації викладено на 153 сторінках, робота містить 65 рисунків, 16 таблиць, 136 найменувань бібліографічних джерел та акти впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко А. Н. Метод направленного поиска векторов в кодовых книгах / А. Н. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало // Электронное моделирование. – 2010. – № 2, Т. 32. – С. 77–85. – ISSN 0204-3572.
2. Ткаченко О. М. Метод кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з удосконаленим вибором кандидата на нову позицію вставки [Електронний ресурс] / О. М.Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало, О. В. Дзись, С. М. Лаховець // Наукові праці ВНТУ. – 2012. – № 2, В. 2. – . Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/323/321>. – ISSN 2307-5376.
3. Ткаченко О. М. Пошук векторів у кодових книгах при ущільненні мовлення на основі бінарного дерева / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 1. – С. 38–44. – ISSN 1999-9941.
4. Ткаченко О. М. Метод кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з обчисленням відстаней до активних центроїдів / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало, Н. О. Біліченко, О. В. Дзись // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – № 1, Т. 14, В. 1. – С. 25–34. – ISSN 1560-9189.
5. Ткаченко А. Н. Метод дельта-квантования параметров речевого сигнала с быстрым поиском ближайшего вектора в кодовой книге / А. Н. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало, А. В. Дзись // Международный научный журнал "Управляющие системы и машины". – 2013. – № 4. – С. 3–11. – ISSN 0130–5395.
6. Ткаченко О. М. Метод швидкого пошуку найближчого сусіда з обчисленням відстані за зваженою евклідовою метрикою / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 1. – С. 116–122. – ISSN 1997-9266.
7. Ткаченко О. М. Підхід до оцінювання тривалості фрагмента для пошуку музичного твору за заданим шаблоном / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грийо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – № 1.– С. 31–40. – ISSN 1999-9941.

8. Ткаченко О. М. Метод підвищення швидкості пошуку фрагменту аудіозапису із застосуванням kd-дерев / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – № 3.– С. 57–66. – ISSN 1999-9941.

9. Ткаченко О. М. Пошук найближчого вектора у кодових книгах на основі бінарного дерева / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: I Міжнар. наук.-практ. конф., 19–21 травня 2010 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2010. – С. 160–161. – 2 с. – ISBN 978-966-641-356-0.

10. Ткаченко О. М. Двоетапна стратегія пошуку найближчого сусіда у векторних кодових книгах / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації: III Міжнар. наук.-практ. конф., 20–22 квітня 2011 р. : тези доповідей – Вінниця, 2011. – С. 188–189. – 2 с. – ISBN 978-966-641-406-2.

11. Ткаченко О. М. Метод швидкого пошуку векторів у кодових книгах на основі бінарного дерева / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: III Міжнар. наук.-практ. конф., 29–31 травня 2012 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2012.– С. 224–225. – 2 с. – ISBN 978-966-641-465-9.

12. Ткаченко А. Н. Метод поиска ближайшего вектора с заданной вероятностью / А. Н. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Актуальные проблемы современной науки: II Междунар. науч.–практ. конф., 13–16 березня 2013 р. – №2, В.2. – Россия, Ставрополь, 2013.– С. 195–198. – 4 с. – ISSN 2227–1392.

13. Ткаченко О. М. Ідентифікація музичного твору за фрагментом / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало, Ю. Л. Далекий // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 28–30 травня 2014 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2014. – С. 256–257. – 2 с. – ISBN 978-966-641-465-9.

14. Ткаченко О. М. Ідентифікація аудіозапису за коротким фрагментом на основі приведеної власної відстані / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Контроль і управління в складних системах: XII Міжнар. конф., 14–16 жовтня 2014 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2014. – С. 94. – ISBN 978-966-2462-66-1.

15. Ткаченко О. М. Ідентифікація фрагмента музичного твору на основі приведеної власної відстані / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: XII Всеукр. міжнар. конф., 3–7 листопада 2014 р. – Київ, 2014. – С. 23–26. – 4 с. – ISBN 978-966-479-069-4.

16. Ткаченко О. М. Комп'ютерна програма "Програма кластеризації на основі послідовного запуску k-середніх з обчисленням відстаней до активних центроїдів" / О. М. Ткаченко, О. Ф. Грійо Тукало, О. В. Дзись, С. М. Лаховець // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 45264. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 21.08.2012 р.

17. Патент України на корисну модель № 49814, МПК (2009) G10L 19/00, G10L 21/00. Спосіб спрямованого пошуку векторів при ущільненні мовних сигналів./ Ткаченко О. М., Грійо Тукало О. Ф., заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 200909012 ; заявл. 31.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл № 5.

18. Патент України на корисну модель № 70762, МПК (2012) G10L 21/00. Спосіб двоетапного пошуку векторів під час ущільнення мовних векторів. / Ткаченко О. М., Грійо Тукало О. Ф., заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 201114324; заявл. 05.12.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл № 12.

19. Грійо Тукало О. Ф. Быстрый поиск векторов при сжатии речевых сигналов : монография / О. Ф. Грійо Тукало, А. Н. Ткаченко // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 108 с. – ISBN 978-3-659-50369-6.

20. Muller M. Signal processing for music analysis / M. Muller, D. Ellis, A. Klapuri, and G. Richard // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, V. 5, No. 6, oct. – 2011 – P. 1088 – 1110. – ISSN 1932-4553

21. Virtanen T. Probabilistic model based similarity measures for audio query-by-example / T. Virtanen and M. Helén // Proceedings of the IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics (WASPAA '07), New Paltz, – NY, USA, – October 2007 – P. 82-85.

22. Caplan P. International metadata initiatives: Lessons in bibliographic control / P. Caplan // In Proceedings of the Bicentennial Conference on Bibliographic Control for the New Millennium: Confronting the Challenges of Networked Resources and the Web, Library of Congress, Washington, D.C., November 15-17, 2000. Режим доступа: http://www.loc.gov/catdir/bibcontrol/caplan_paper.html
23. Greenberg J. Iterative design of metadata creation tools for resource authors. / J. Greenberg, A. Crystal, W. Robertson, E. Leadem // Proceedings of the 2003 Dublin Core Conference: Supporting Communities of Discourse and Practice – Metadata Research and Applications, Seattle, Washington, – September 28-October 2, – 2003. Режим доступа: http://www.siderean.com/dc2003/202_Paper82-colorNEW.pdf.
24. Han H. C. Automatic document metadata extraction using support vector machines / H. C. Han, L. Giles, E. Manavoglu, H. Zha, Z. Zhang, E.A. Fox // In Proceedings of the Third ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries. – New York: ACM Press – 2003. – P. 37–48.
25. Hatala M. System for computer-aided metadata creation / Hatala M., Forth S. // In Proceedings of 12th International Conference of the World Wide Web Consortium (WWW2003), – Budapest, May 20-24, – 2003. Режим доступа: <http://www.sfu.ca/~mhatala/pubs/hatala-forth-www2003.pdf>
26. Andric A. Automatic playlist generation based on tracking user's listening habits // A. Andric, G. Haus. / Multimedia Tools and Applications. – V. 29 – 2006. – P. 127–151.
27. Flexer A. Playlist generation using start and end songs / A. Flexer, D. Schnitzer, M. Gasser, and G. Widmer. // In Proceedings of the 9th International Conference of Music Information Retrieval.– ISMIR'08 – 2008. – P. 173–178.
28. Pampalk E. Islands of music: Analysis, organization, and visualization of music archives / E. Pampalk // Journal of the Austrian Society for Artificial Intelligence, – No. 4. – V.22: – 2003. – P. 20–23.
29. Knees P. Exploring music collections in virtual landscapes / P. Knees, M. Schedl, T. Pohle, and G. Widmer// IEEE Multimedia, – No. 3. – V.14: – 2007. – P. 46 – 54.

30. Schnitzer D. Islands of Gaussians: The self-organizing map and gaussian music similarity features /D. Schnitzer, A. Flexer, G. Widmer, and M. Gasser// In Proceedings of the 11th International Conference on Music Information Retrieval. ISMIR'10, – 2010. – P. 327-332.
31. Tzanetakis G. Musical genre classification of audio signals /G. Tzanetakis and P. Cook // IEEE Trans. Speech Audio Process. – No. 5. – V. 10. – 2002. – P. 293–301.
32. McKay C. Automatic genre classification using large high-level musical feature sets / C. McKay and I. Fujinaga // In Proceedings of the 5th International Conference on Music Information Retrieval. –ISMIR'04, – 2004. – P. 525-530.
33. Cai R. A flexible framework for key audio effects detection and auditory context inference / R. Cai, L. Lu, A. Hanjalic, H-J. Zhang, L-H. Cai. // IEEE Transactions on Speech, Audio and Language Processing, – No.3. – V.14. – 2006. – P. 1026-1039.
34. Casey M. Fast recognition of remixed music audio /M. Casey and M. Slaney // In IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. ICASSP 2007, – V.4, – 2007. – P. 1425-1428 – ISBN 1-4244-0727-3
35. Cano P. A review of audio fingerprinting /P. Cano, E. Batlle, T. Kalker, and J. Haitsma // Journal of VLSI Signal Processing, 41, – 2005. – P. 271–284.
36. Downie J.S. Music information retrieval / J.S. Downie// Annual Review of Information Science and Technology, 37, – 2003 – P.295–340.
37. Hoos H.H. GUIDO/MIR—an experimental musical information retrieval system based on GUIDO music notation. /H.H. Hoos, K. Renz, and M. Georg// Proceedings of the International Symposium on Music Information Retrieval, – 2001. – P. 41–50.
38. Lew M. S. et al. Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges //ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM). – 2006. – T. 2. – №. 1. – P. 1-19.
39. Hoashi K. Personalization of user profiles for content-based music retrieval based on relevance Feedback / K. Hoashi, K. Matsumoto, and N. Inoue// Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia, – 2003. – P. 110–119.

40. Manjunath B.S. Introduction to MPEG-7 multimedia content description interface / B.S. Manjunath, P. Salembier, T. Sikora //, John Wiley & Sons, LTD, – England – 2002. – 396 p. – ISBN: 978-0-471-48678-7
41. Logan B. A music similarity function based on signal analysis / B. Logan and A. Salomon // in Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Expo – Tokyo, Japan. – 2001. P. 745–748.
42. Pandora internet radio. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.pandora.com/>
43. Stevens S. S. A scale for the measurement of a psychological magnitude: loudness / S. S. Stevens // Psychological Review, – V. 43. – No.5 – 1936. –P. 405-416.
44. Reiss J. Efficient multidimensional searching routines for music information retrieval / J. Reiss, J. J. Aucouturier, M. Sandler //2nd Annual International Symposium on Music Information Retrieval. – 2001.
45. Gold B. Speech and audio signal processing /B. Gold and N. Morgan//. New York: Wiley, – 2000. – 688 p.
46. Logan B. Mel frequency cepstral coefficients for music modeling / B. Logan // International Symposium on Music Information Retrieval – Plymouth, – 2000. Режим доступа: http://ismir2000.ismir.net/papers/logan_paper.pdf
47. Signal Processing for Music Analysis Meinard Müller, Member, IEEE, Daniel P. W. Ellis, Senior Member, IEEE, Anssi Klapuri, Member, IEEE, and Gaël Richard, Senior Member, IEEE IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING, VOL. 5, NO. 6, OCTOBER 2011
48. Pampalk E. Computational models of music similarity and their application to music information retrieval / E. Pampalk // Ph.D. dissertation, – Vienna Univ. of Technology, – Vienna, Austria. – 2006. – 153 p.
49. Aucouturier J.-J. The bag-of-frames approach to audio pattern recognition: A sufficient model for urban soundscapes but not for polyphonic music / J.-J. Aucouturier, B. Defreville, and F. Pachet // J. Acoust. Soc. Am., V.122. – No. 2 – 2007. – P. 881–891.
50. Li T. Toward intelligent music information retrieval / T. Li and M. Ogihara // IEEE Trans. Multimedia – V. 8. – No. 3.– Jun. 2006. – P. 564–574.

51. Fukunaga K. Introduction to Statistical Pattern Recognition /K. Fukunaga// Academic Press, 2nd edition – London – 1990. – 592 p.
52. Quatieri T.F. Discrete-Time Speech Signal Processing /T. F. Quatieri// Prentice Hall, 2002. – 781 p.– ISBN: 007-6092011538
53. Tzanetakis G. Musical genre classification of audio signals. / G. Tzanetakis and P. Cook // IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, – V.10. – No. 5 – 2002. P.293 – 302.
54. Levy L. Lightweight measures for timbral similarity of musical audio / M. Levy and M. Sandler // In Proceedings of the 1st ACM workshop on Audio and music computing multimedia, AMCMM '06, – New York, NY, USA, ACM. – 2006. – P. 27–36.
55. McKay C. Automatic genre classification using large high-level musical feature sets / C. McKay and I. Fujinaga// in Proc. Int. Symp. Music Inform. Retrieval.(ISMIR) – 2004.– P.525-530.
56. Pampalk E. Audio-based music similarity and retrieval: combining a spectral similarity model with information extracted from fluctuation patterns /E. Pampalk// Implementation submitted to the 3rd Annual Music Information Retrieval eXchange (MIREX'06), – Victoria, Canada, – 2006.– Режим доступа: http://www.ofai.at/~elias.pampalk/publications/pam_mirex06.pdf
57. Gouyon F. Evaluating rhythmic descriptors for musical genre classification / F. Gouyon, S. Dixon, E. Pampalk, and G. Widmer // In Audio Engineering Society Conference: 25th International Conference: Metadata for Audio – London, June 17-19 – 2004. – P. 196–204.
58. Xiong Z. Comparing MFCC and MPEG-7 audio features for feature extraction, maximum likelihood HMM and entropic prior HMM for sports audio classification, /Z. Xiong, R. Radhakrishnan, A. Divakaran, T. Huang// ICASSP – , V. 5. – April, 2003 – P. 628-631.
59. Shepard R. N. Circularity in judgments of relative pitch / R. N. Shepard // Journal of the Acoustical Society of America – V. 36. – No.12. – 1964. – P. 2346—2353

60. Bartsch M.A. Audio thumbnailing of popular music using chroma-based representations / M.A. Bartsch, G.H. Wakefield // IEEE Trans. on Multimedia V. 7, No. 1, – February, 2005 – P. 96–104.
61. Gomez E. Tonal description of polyphonic audio for music content processing /E. Gomez// INFORMS Journal on Computing, Special Cluster on Computation in Music, V. 18. – No. 3. – 2006. – P.194-302.
62. Casey M. MPEG-7 sound-recognition tools /M. Casey// IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, – V. 11, No. 6, – June, 2001 – P. 737–747.
63. Peeters G. Template-based estimation of time-varying tempo/ G. Peeters // EURASIP Journal of Advances in Signal Processing – V. 2007, – No.1 – Jan, 2007.– P.158.
64. Ganchev T. Comparative evaluation of various mfcc implementations on the speaker verification task /T. Ganchev, N. Fakotakis, and G. Kokkinakis// In Proceedings of 9th International Conference on Speech and Computer, SPECOM'05, – 2005.– P. 191–194.
65. Aucouturier J.-J. Improving timbre similarity: How high's the sky? /J.-J. Aucouturier and F. Pachet// J. Negative Results Speech Audio Sci., V. 1, No. 1, 2004.
66. Goto M. A chorus-section detection method for musical audio signals and its application to a music listening station /M. Goto M// IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, V.14. – No.5 – September, 2006 – P.1783-1794.
67. Peeters G. Musical key estimation of audio signal based on hidden Markov modeling of chroma vectors / G. Peeters// in Proc. Int. Conf. Digital Audio Effects (DAFx) – Montreal, QC, Canada, – 2006. – P. 127–131.
68. Jensen J. H. A tempo-insensitive distance measure for cover song identification based on chroma features / J. H. Jensen, M. G. Christensen, D. P. W. Ellis, and S. H. Jensen // in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing – Las Vegas, USA. – 2008. – P. 2209–2212.
69. Jehan T. Creating music by listening / T. Jehan// PhD diss., Massachusetts Institute of Technology – MA, USA. – Sep., 2005. Режим доступа: <http://web.media.mit.edu/~tristan/phd/>

70. Agrell E. Spectral coding by fast vector quantization /Agrell E. //Proc. IEEE Workshop on Speech Coding for Telecommunications, Sainte-Adèle, Québec, Canada. – 1993. – P. 61–62.
71. West K. Features and classifiers for the automatic classification of musical audio signals / K. West and S. Cox// in Proc. Int. Symp. Music Inform.Retr. (ISMIR). – 2004. – P. 1–6.
72. T. Li and M. Ogihara, “Toward intelligent music information retrieval,” IEEE Trans. Multimedia, vol. 8, no. 3, pp. 564–574, Jun. 2006.
73. Kohonen T. Self-Organizing Maps / T. Kohonen // Springer Series in Information Sciences. – Springer, third edition – 2001. – 420 p.
74. Mandel M. Song-level features and support vector machines for music classification / M. Mandel and D. Ellis // In Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval ISMIR’05, – Queen Mary University of London – 2005. – P. 594-599.
75. Pohle T. On rhythm and general music similarity / T. Pohle, D. Schnitzer, M. Schedl, P. Knees, and G. Widmer// In Proceedings of the 10th International Conference on Music Information Retrieval. ISMIR’09, – 2009. – P.525-530.
76. Pampalk E. Content-based organization and visualization of music archives /E. Pampalk, A. Rauber, and D. Merkl //In Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia, MULTIMEDIA ’02, – New York, NY, USA, ACM.– 2002. – P. 570–579.
77. Hussein N. A Fast Greedy K-Means Algorithm / Master’s Thesis Nr:9668098 // University of Amsterdam Faculty of Mathematics, Computer Sciences, Physics and Astronomy Euclides Building Plantage muidergracht 24. – November, 2002. – 62 p.
78. Maneewongvatana S. Analysis of approximate nearest neighbor searching with clustered point sets /S. Maneewongvatana and D. Mount// In ALENEX, – Baltimore – Jan 15-16, 1999. – P. 105-123.
79. Neumayer R. Content-based organization of digital audio collections / R. Neumayer, T. Lidy, and A. Rauber // In Proceedings of the 5th Open Workshop of MUSICNETWORK, – 2005. – P.4-5.

80. Andoni A. Near-optimal hashing algorithms for approximate nearest neighbor in high dimensions /A. Andoni and P. Indyk// In 47th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science. FOCS'06 – New York, NY, USA – 2006. – P. 459–468.
81. Bentley J. L. Multidimensional binary search trees used for associative searching / J. L. Bentley// Communications of the ACM –V. 18 – No. 9. – Sept. 2007. – P. 509-517.
82. Yianilos P. N. Data structures and algorithms for nearest neighbor search in general metric spaces / P. N. Yianilos// Proc. 4th ACM-SIAM Sympos. Discrete Algorithms – Philadelphia, PA, USA. – 1993. – P. 311-321.
83. Arya S. An optimal algorithm for approximate nearest neighbor searching / S. Arya, D. M. Mount, N. S. Netanyahu, R. Silverman, and A. Wu// Journal of the ACM, – V.45 – 1998.– P. 891–923,
84. Yao A. C. A general approach to d-dimensional geometric queries / A. C. Yao and F. F. Yao // In Proc. 17th Ann. ACM Sympos. Theory Comput. – New York, NY, USA. – 1985. – P. 163-168.
85. Clarkson, K. L. Fast algorithms for the all nearest neighbors problem /K. L. Clarkson // In Proc. 24th Ann. IEEE Sympos. on the Found. Comput. Sci. – Tucson, AZ, USA. – 1983. – P. 226-232.
86. Friedman J. H. An algorithm for finding best matches in logarithmic expected time. / J. H. Friedman, J. L. Bentley, and R. A. Finkel // ACM Transactions on Mathematical Software, 3(3). – 1977. – P. 209–226.
87. Bern M. Approximate closest-point queries in high dimensions / M. Bern // Inform. Process. Lett. – V. 45, – No. 2 – 1993. P. 95-99.
88. Arya S. Approximate nearest neighbor queries in fixed dimensions / S. Arya and D. M. Mount// Proc. 4th ACM-SIAM Sympos. Discrete Algorithms, – Philadelphia, PA, USA – 1993. – P. 271-280.
89. Chan T. Approximate nearest neighbor queries revisited / T. Chan// Proc. 13th Annu. ACM Sympos. Comput. Geom. – New York, NY, USA – 1997. – P. 352-358.

90. Indyk P. Approximate nearest neighbors: Towards removing the curse of dimensionality / P. Indyk and R. Motwani// Proc. 30th Annu. ACM Sympos. Theory Comput. – New York, NY, USA – 1998. – 604-613.
91. Kushilevitz E. Efficient search for approximate nearest neighbor in high dimensional spaces / E. Kushilevitz, R. Ostrovsky, and Y. Rabani// Proc. 30th Annu. ACM Sympos. Theory Comput. – New York, NY, USA –1998. – P. 614-623.
92. Goto M. A predominant-F0 estimation method for CD recordings: MAP estimation using EM algorithm for adaptive tone models / M. Goto // in Proc. ICASSP, – V.5. – 2001. –P.3365 – 3368. – ISBN 0-7803-7041-4.
93. Liu C. C. An approximate string matching algorithm for content-based music data retrieval /C. C. Liu, J. L. Hsu, A. L.P. Chen// IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems – V. 1 – 1999. – P. 451-456.
94. Duda R. O. Pattern classification and scene analysis / R. O. Duda, P. E. Hart // New York: John Wiley & Sons. – 1973. – 512 p.
95. Cano P. Audio fingerprinting: concepts and applications. Book chapter / P. Cano, E. Battle, E. Gómez, R. De C. T. Gomes, and M. Bonnet // Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg – 2005.–P. 233-245.
96. Somervuo P. Experiments with linear and nonlinear feature transformations in HMM based phone recognition / P. Somervuo // In roceedings of ICASSP, – V.1– 2003. – P.52-55.
97. Haeb-Umbach R. Linear discriminant analysis for improved large vocabulary continuous speech recognition / R. Haeb-Umbach and H. Ney// In Proceedings of IEEE ICASSP, – San Francisco, CA, – Mar 23-26, 1992. – P. 13-16.
98. Abbasian H. Class-dependent PCA optimization using genetic programming for robust MFCC extraction / H. Abbasian and B. A. Nasersharif // In: 3rd Conference on Information and Knowledge technology (IKT), – Mashhad, Iran, – 2007. – P.1541-1544.
99. Korada S.B. Dimensionality reduction in feature vector using principle component analysis (PCA) for effective speaker recognition /S. B. Korada, Y. Anitha, K.K. V.S Anjana// International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS) –

Foundation of Computer Science FCS, – New York, USA – V. 5 – No. 5, – April 2013. – P.15-17 – ISSN: 2249-0868.

100. Борович А. Психоакустически мотивированный алгоритм фильтрации шума окружающей среды на основе обработки речевого сигнала в подпространствах / А. Борович, А.А. Петровский // Речевые технологии 3–4/ 2013 – М. – С.12–29.

101. Grosche P. Audio content-based music retrieval / P. Grosche, M. Müller, J. Serrà // Dagstuhl Follow-Ups Multimodal Music Processing, – V. 3, – Dagstuhl, Germany, – 2012. – P. 157-175.

102. Ke Y. Computer vision for music identification / Y. Ke, D. Hoiem, and R. Sukthankar// In Proc. Computer Vision and Pattern Recognition. Vol. 2– 2005. – P. 1184–1192.

103. Aucouturier J. J. Music similarity measures: What's the use /J. J. Aucouturier and F. Pachet // In 3rd International Conference on Music Information Retrieval. ISMIR'02. – Paris, France – 2002. – P. 157–163.

104. Seyerlehner K. Fusing block-level features for music similarity estimation/ K. Seyerlehner, G. Widmer, and T. Pohle// In Proceedings of the 13th International Conference on Digital Audio Effects. DAFX-10, – Graz, Austria– 2010.

105. Tianjing X. Music Identification via Vocabulary Tree with MFCC Peaks / Tianjing Xu, Adams Wei Yu, Xianglong Liu, Bo Lang.//In Proc. 1st international ACM workshop on Music information retrieval with user-centered and multimodal strategies (MIRUM), Scottsdale, AZ, USA, November 28 - December 01– 2011. – P. 21-26.

106. Battle E. Automatic song identification in noisy broadcast audio /E. Battle, J. Masip, E. Gaus, // Proceedings of the International Conference on Signal and Image Processing,– Kauai, USA,– 2002.

107. Mohri M. Robust music identification, detection, and analysis / M. Mohri, P. Moreno, and E. Weinstein // International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR), – Vienna, Austria, – 2007. – P.197-207.

108. Jensen J.H. Quantitative analysis of a common audio similarity measure /J.H. Jensen, M. G. Christensen, D. P. W. Ellis, S. H. Jensen// IEEE Transactions on Audio,

Speech, and Language Processing, V. 17, – No. 4, Aalborg University, Denmark – 2009. P.693-703.

109. Билобров С.В. Метод идентификации аудиоматериалов с использованием технологии аудиоотпечатков /С.В. Билобров // "Штучний інтелект" – №. 3. – 2006. – С.575-583.

110. Mohri M. Robust music identification, detection, and analysis / Mehryar Mohri, Pedro Moreno, and Eugene Weinstein// In Proc. International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)– 2007. – P. 123-130.

111. Cano P. An industrial-strength content-based music recommendation system /P. Cano, M. Koppenberger and N.Wack // In Proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, SIGIR'05, – New York, NY, USA, ACM. – 2005.– P. 673–673.

112. Cai R. Scalable music recommendation by search / R. Cai, C. Zhang, L. Zhang, and W. Y. Ma. // In Proceedings of the 15th international conference on Multimedia, MULTIMEDIA '07, – New York, NY, USA, ACM.– 2007. – P. 1065–1074.

113. Casey M. Song intersection by approximate nearest neighbor search / M. Casey and M. Slaney // In Proceedings of the 7th International Conference of Music Information Retrieval. ISMIR'06, 2006. – P. 144–149,

114. McFee B. Large-scale music similarity search with spatial trees / B. McFee, G. R. G. Lanckriet //ISMIR. – 2011. – P. 55-60.

115. Roy P. Exploiting the tradeoff between precision and cpu-time to speed up nearest neighbor search /P. Roy, J. J. Aucouturier, F. Pachet, and A. Beurive //. In Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval. ISMIR'05, – London, UK – 2005. – P. 230-237.

116. Schnitzer D. A filter-and-refine indexing method for fast similarity search in millions of music tracks / D. Schnitzer, A. Flexer, G. Widmer // In Proc. International Conference on Music Information Retrival, ISMIR. – 2009. – P.537-542.

117. Typke R. A Survey of Music Information Retrieval Systems /R. Typke, F. Wiering, R. C. Veltkamp //Proceedings of the Fifth International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2005) – 2005. – P. 153-160.

118. Fayyad U. M. Advances in knowledge discovery and data mining / U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy // AAAI/MIT Press.– 1996. – 611 p.
119. Gersho A. Vector quantization and signal compression. / A. Gersho, R. M. Gray // Boston: Kluwer Academic. – 1992. – 760 p.
120. Kanungo T. A Local Search Approximation Algorithm for k-Means Clustering / T. Kanungo, D.M. Mount, N.S. Netanyahu, C. Piatko, R. Silverman, A.Y. Wu // Computational Geometry: Theory and Applications. – 2004. – No. 2. – P. 89 – 112.
121. Moore A.W. Efficient memory based learning for robot control /A.W. Moore// PhD thesis Nr,1990 – University of Cambridge, Computer Laboratory UCAM-CL-TR-209 – 1990. – 248 p.
122. Daniel P.W. Echoprint - an open music identification service / P.W. Daniel, Whitman E. B., Porter A. // 12th International Society for Music Information Retrieval Conference. – Miami. – 2011. – Режим доступа: http://static.echonest.com/echoprint_ismir.pdf
123. Maneewongvatana S. Analysis of approximate nearest neighbor searching with clustered point sets / S. Maneewongvatana and D. M. Mount// DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science – Baltimore – V.59 – 2002 – P.105-123.
124. NAudio Overview. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://naudio.codeplex.com/>
125. Libavcodec Documentation. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ffmpeg.org/libavcodec.html>
126. Козлов А.В., Лоханова А.И., Симончик К.К. Алгоритм детектирования музыкальных фрагментов в задачах речевой обработки /Козлов А.В., Лоханова А.И., Симончик К.К. // "Научно-технические ведомости СПбГПУ" .– Издательство Политехнического университета . – 2010. – №4(103). – стр. 7-11.
127. Xu C. Automatic music classification and summarization / C. Xu, N. C. Maddage, and X. Shao // IEEE Trans.Speech Aud. Processing, – V. 13, – No.3, – May, 2005. – P. 441–450.

128. Carey, M.J. Comparison of features for speech, music discrimination/M.J. Carey, E.S. Parris, H.A Lloyd-Thomas//In Proc. 1999 IEEE International conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing.–1999.–Vol. 1.–P. 149–152.

129. Scheirer, E. Construction and evaluation of a robust multifeature speech/music discriminator/E. Scheirer, M. Slaney//In Proc. IEEE International conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing.–1997.–Vol. 1.–P. 1331–1334.

130. Widmer, G. Automatic music detection in television productions/G. Widmer [et al.]//In Proc. of the International conf. on Digital Audio Effects.–2007.

131. Wang A. An industrial strength audio search algorithm. /A. Wang // Conference on Music Information Retrieval. – 2003. – Режим доступу: <http://www.ee.columbia.edu/~dpwe/papers/Wang03-shazam.pdf> /

132. Audio Tag.info [Електронний ресурс] Режим доступу: http://audiotag.info/faq_en.html

133. Яндекс.Музыка. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.yandex.music&hl=ru>

134. Биков М. М. Аналіз стану проблеми створення ефективних систем пошуку ключових слів / М. М. Биков, В. В. Ковтун, Н. Г. Савінова // Вісник ВПІ. – 2012. – №1. – С. 179–181.

135. Пилипенко В. В. Распознавание ключевых слов в потоке речи при помощи фонетического стенографа / В. В. Пилипенко // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 220-224.

136. Пилипенко В.В. Пошук ключових слів в потоці мовлення із записів судових засідань [Електронний ресурс] / В.В. Пилипенко, О.М. Радущкий // Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: XII Всеукр. міжнар. конф., 15–19 жовтня 2012 р. – Київ, 2012. – 2с. — Режим доступу: http://uasoiro.kibermova.com/files/Zbirnyk/2012/3/p_66.pdf.