

УДК 004.75

**Богдан Бугай,
Юрій Гордієнко****МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПОДІБНОСТІ ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ****METHOD OF MEASUREMENT VIDEO SIMILARITY OF VIDEO CONTENT**

У статті розглядається питання знаходження міри подібності між двома відеофайлами. В якості характеристик відеокадру було вибрано перцептивний хеш та гістограму.

Рис.: 4. Бібл.: 3.

The article considers the question of finding a measure of similarity between two video files. As video frame characteristics have been selected perceptual hash and histogram.

Key words: comparison of video content, perceptual hash, histogram, Hamming distance.

Fig.: 4. Bibl.: 3.

Актуальність теми дослідження. В багатьох сферах діяльності людини, починаючи від комп'ютерного зору і пошукових систем, систем дедублікації даних та закінчуючи різними системами контролю та модерації відеоматеріалів, є потреба в швидкому аналізі відеоматеріалів та знаходження схожих чи однакових відеофайлів. Дана робота присвячена проблемі знаходження міри подібності між відеоматеріалами.

Постановка проблеми. Відсутність швидкого методу для визначення подібності між відеоматеріалами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх років з'явилося декілька методів для знаходження подібності між відеоматеріалами, але метод, який використовує перцептивний хеш на основі середнього значення кольору та гістограми в якості характеристики кадру відеофайлу ще не розглядався.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Дана стаття присвячена вивченню та аналізу запропонованого підходу для виміру подібності відеоматеріалів. Дослідження сфокусовано на перевірці чи достатньо перцептивного хешу на основі середнього значення кольору та гістограми для знаходження подібних відеоматеріалів.

Постановка завдання. Для певного відео X потрібно знайти значення подібності з відео Y .

Викладення основного матеріалу. Відеофайл - це список зображень, які з певною швидкістю, відображаються користувачу:

$$V_m = [I_1, \dots, I_j, \dots, I_n] \quad (1)$$

де I_j - це певне зображення у відеоряді.

Кожне зображення несе в собі певний структурний зміст та кольорову гамму. Тому можна припустити, що для порівняння двох відеофайлів, потрібно знайти структурну та кольорову характеристику кожного зображення в даних відеофайлах і порівняти їх між собою.

Кольорова складова зображення визначається гістограмою. У математичному сенсі гістограма - це функція m_i , яка підраховує кількість спостережень, що потрапляють у кожну з незалежних категорій:

$$n = \sum_{i=1}^k m_i \quad (2)$$

де n - загальна кількість спостережень, k - загальна кількість категорій.

Розбиття на категорії дозволяє визначити різницю в певному кольорі між гістограмами. Для цього можна використати коефіцієнт кореляції між гістограмами H_1 та H_2 :

$$d_c(H_1, H_2) = \frac{\sum_{i=1}^n (H_1(i) - \overline{H_1}) * (H_2(i) - \overline{H_2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (H_1(i) - \overline{H_1})^2 * \sum_{i=1}^n (H_2(i) - \overline{H_2})^2}} \quad (3)$$

$$\text{де } \overline{H_k} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n H_k(j)$$

Дану характеристику потрібно підрахувати для трьох каналів кольору зображення. Коефіцієнт кореляції набуває значень від -1 до $+1$. Значення $+1$ означає, що залежність між H_1 та H_2 є лінійною [1].

У зображеннях високі частоти забезпечують деталізацію, а низькі частоти показують структуру. Зображення з великим розширенням містить багато високих частот. Для зменшення високих частот найкраще підходить зменшення розширення зображення. Якщо зменшити зображення, то на зображенні буде присутній лише силует того, що було на оригіналі, це дає змогу виокремити структуру зображення. Для знаходження унікальних ознак зображення буде використовуватися перцептивний хеш.

Перцептивні хеші відрізняються від криптографічних хеш-функцій. У криптографії кожен хеш є випадковим. Дані, які використовуються для генерації хешу, виконують роль джерела випадкових чисел так, що однакові дані дадуть однаковий результат, а різні дані - різний. Після порівняння двох хешів можна зробити тільки два висновки. Якщо хеші відрізняються, - дані різні. Якщо хеші збігаються, то і дані, швидше за все, - однакові. На відміну від криптографічних, перцептивні хеші можна порівнювати між собою і робити висновок про ступінь відмінності двох наборів даних [2].

В процесі хешування зображення можна виділити два головні етапи:

- 1) Вивчення вмісту зображення;
- 2) Конструювання хеш-значення, яке однозначно ідентифікує вхідне зображення на основі вмісту зображення;

Існує багато методів для знаходження перцептивного хешу від зображення, кожен з яких має свої переваги та недоліки. В даній статті для наочності знаходження структурної характеристики зображення буде використаний перцептивний хеш на основі середнього значення кольору.

Для знаходження хешу зображення потрібно виконати наступні кроки:

- 1) Перевести зображення в градації сірого;
- 2) Змінити розмір зображення до 8×8 ;
- 3) Підрахувати середнє значення кольору для зображення;
- 4) Порівняти кожен піксель з середнім значенням кольору, якщо він більший або рівний, то в результуючу вибірку записати 1, якщо ні 0;
- 5) Підрахувати хеш;



Рис. 1. Результат роботи алгоритму

На основі характеристик зображення відбувається генерація індивідуального, але не унікального відбитка, і ці відбитки можна порівняти з іншими за допомогою відстані Геммінга d_h [3]:

$$d_h(M, N) = \sum_{k=1}^p |M(k) - N(k)| \quad (4)$$

де p - це довжина рядку, M та N - це перцептивні хеші.

Отже, на основі значень d_c та d_h можна встановити ступінь подібності двох відеокадрів.

Порівняння двох відеофайлів. Кожна секунда відео складається як мінімум із 24 кадрів, котрі в загальному випадку не сильно відрізняються одне від одного, тому для оптимізації даного процесу потрібно з кожної секунди відео вибирати лише декілька кадрів. В результаті буде отримано дві множини відеокадрів S_1 та S_2 .

Коефіцієнт подібності між двома відеокадрами I_1 , з множини S_1 , та I_2 , з множини S_2 , складається з міри подібності по гістограмі та по перцептивному хешу. Якщо їх не зводити до одного значення то це дає можливість встановлення певних умов на пошук, наприклад коефіцієнт подібності по перцептивним хешам не повинен бути нижчим ніж заданий, також схожий принцип можна застосувати до гістограми де коефіцієнт кореляції не повинен бути нижче ніж задане значення. Значення коефіцієнта подібності по перцептивному хешу можна вирахувати за наступною формулою:

$$S_{ph}(I_1, I_2) = \frac{N - d_h(PH(I_1), PH(I_2))}{N} \quad (5)$$

де N - це довжина перцептивного хешу, PH - це функція обчислення перцептивного хешу. S_{ph} буде належати інтервалу $[0, 1]$.

Для знаходження коефіцієнту подібності по гістограмі потрібно знайти коефіцієнт кореляції для кожного каналу кольору:

$$S_c(I_1, I_2) = (d_c(H_r(I_1), H_r(I_2)), d_c(H_g(I_1), H_g(I_2)), d_c(H_b(I_1), H_b(I_2))) \quad (6)$$

де S_c - це кортеж, значення кожного елементу кортежу належатимуть інтервалу $[-1, 1]$

У загальному випадку потрібно визначити, яка з двох множин має більший розмір, і з більшої виокремити всі підмножини, які мають розмір меншої, та не змінювати в них порядок елементів відносно оригінальної.

Наприклад, візьмемо дві множини одна розміром 5, назвемо її A , іншу з розміром 3, назвемо її B . Тоді більшу множину можна розкласти на підмножини за допомогою функції J та отримати список L з підмножин з A .

Після розбиття на підмножини потрібно підрахувати коефіцієнти подібності S_{ph} між всіма парами (L_i, B) . Дане значення можна визначити за формулою:

$$VSPH(L, B) = \sum_{i=1}^N \frac{S_{ph}(L_i, B)}{N} \quad (7)$$

де N – довжина підмножини.

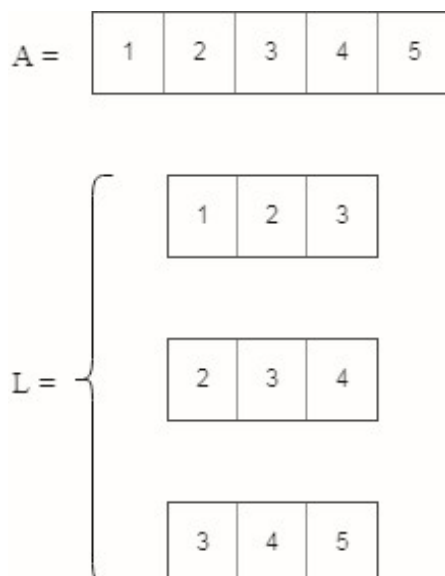


Рис. 2. Приклад розбиття на підмножини

Для підрахунку коефіцієнта подібності кореляцій для двох підмножин можна використати формулу:

$$VSC(L, B) = \sum_{i=1}^N \frac{S_c(L_i, B)}{N} \quad (8)$$

У цілому подібність двох відеофайлів описується кортежем з двох значень. Так як дані характеристики підраховуються для всіх (L_i, B) , то подібність між A та B буде дорівнювати:

$$VS(A, B) = (\max(VSPH(J(A), B)), VSC(J(A), B)) \quad (9)$$

Отже, знаходимо максимальне значення за структурною характеристикою та значення гістограм на цьому інтервалі, і отриманий кортеж буде значенням міри подібності між двома відеофайлами.

Якщо список L складається з одного елементу, то це частковий випадок, коли два відеофайли мають однакову довжину.

Модифікація методу порівняння двох відеофайлів для подальшої реалізації в паралельних системах із спільною пам'яттю. Представлений метод знаходження міри подібності між двома відеофайлами дуже добре піддається розпаралелюванню, так як процес підрахунку значень для двох відеофайлів можна розділити на незалежні частини. Підрахунок ступеня подібності

для (L_i, B) для кожної пари можна обраховувати в окремому потоці. А потім, коли всі обрахунки закінчаться, зібрати всі результати в певний вектор і знайти в ньому найбільший коефіцієнт подібності.

Потрібно створити пул потоків, розмір якого не повинен перевищувати кількості ядер в системі, інакше ефективність алгоритму втратиться. Тоді потрібно створити чергу, яка б мала критичну секцію на операції отримання елементів з черги для уникнення дублювання обчислень та гонок даних. Також потрібно створити результуючий вектор, який би забезпечував синхронізацію на етапі вставки елементів для уникнення ситуацій гонки даних.

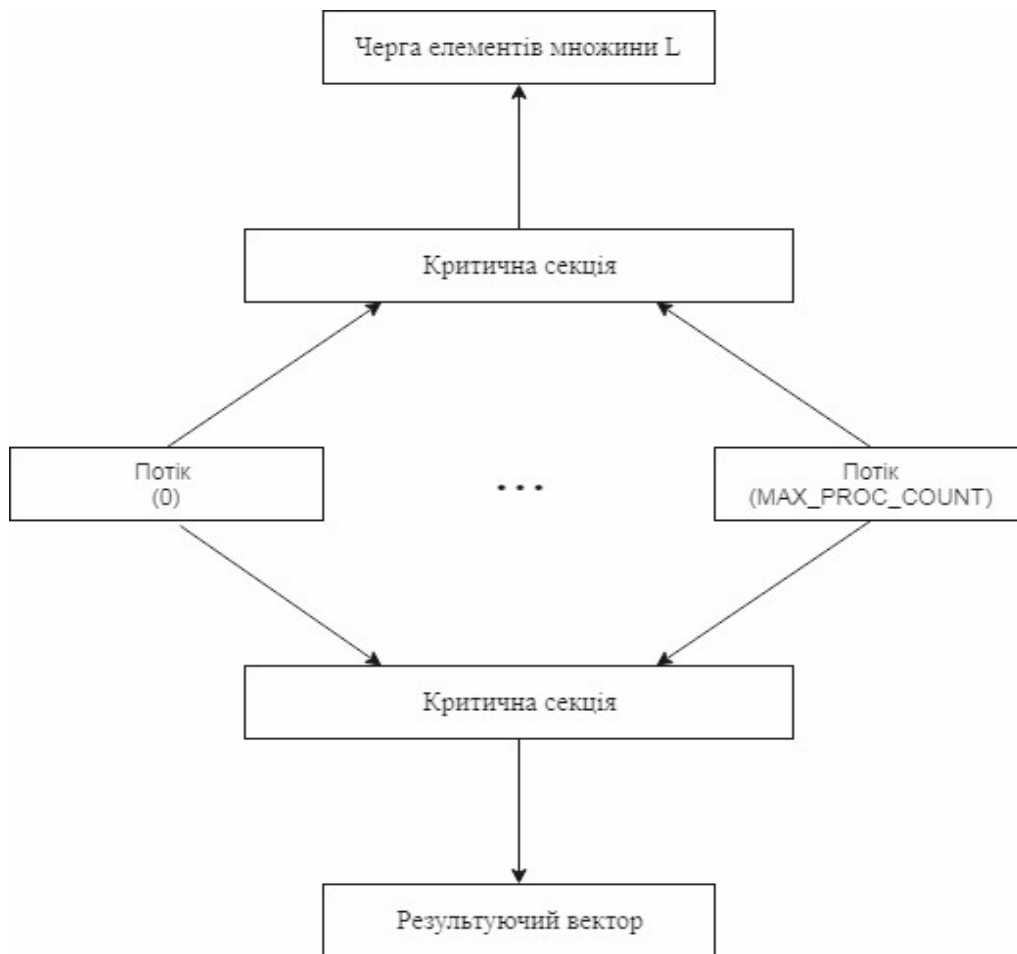


Рис. 3. Алгоритм паралельної обробки множини L

Коли потоки обчислення значень подібності між вхідним відеофайлом та елементами множини L закінчать свою роботу, потрібно запустити паралельний алгоритм знаходження максимуму у векторі для оптимізації пошуку максимального значення подібності.

Знаходження максимуму можна розбити на етапи. На першому етапі розділимо результуючий вектор V на декілька векторів i для кожного знайдемо максимум:

$$a_i = \max(V_H) \quad (10)$$

де $i = \overline{1, MAX_PROC_COUNT}$, V_H — це частина вектору яку оброблятиме кожен потік окремо.

Тоді загальний максимум буде дорівнювати:

$$a = \max(a, a_i) \quad (11)$$

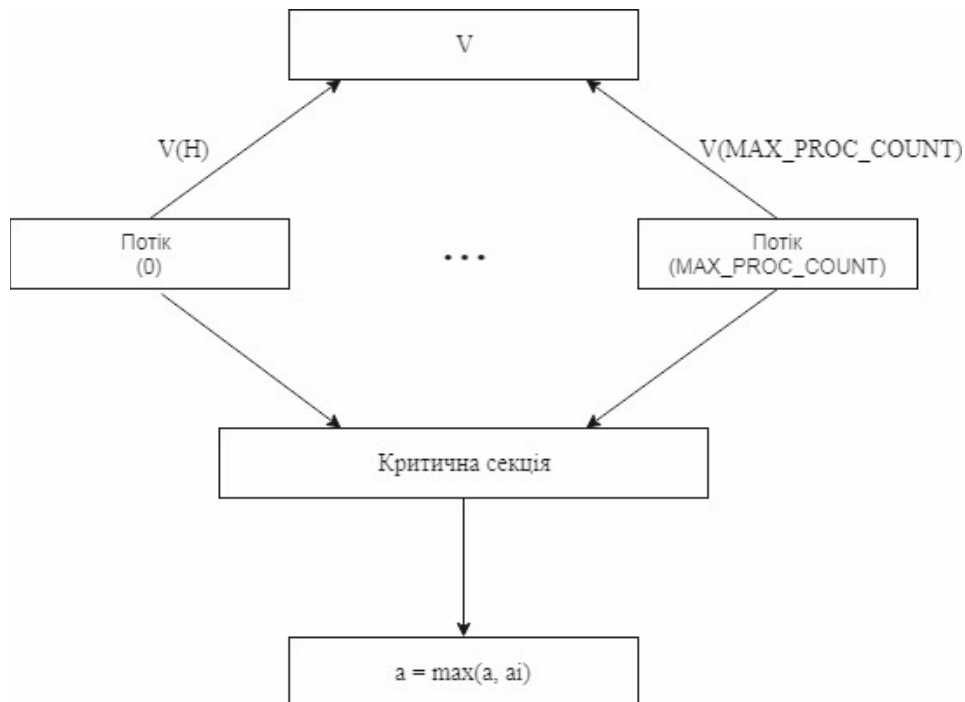


Рис. 4. Алгоритм паралельного знаходження максимального значення подібності

Даний алгоритм можна застосувати в системах із спільною пам'яттю, але при деяких змінах його можна реалізувати для систем з локальною пам'яттю також.

Висновки. У роботі продемонстровано, як за допомогою перцептивних хешів та гістограми знаходити міру подібності між відеофайлами. Даний метод має гарну швидкість та невразливий до невеликих змін кадрів відеофайлу таких, як незначні шуми, невеликий градус зміни осі відображення та незначні зміни форм фактору. Також представлений алгоритм для реалізації описаного методу в паралельних системах із спільною пам'яттю.

Список використаних джерел

1. Rodgers L., Nicewander W. A. (February 1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. The American Statistician (p. 5).
2. Vishal M., Brian L. (2006). Perceptual image hashing via feature points: performance evaluation and trade-offs. IEEE Transactions on Image Processing (p.1).
3. Xu Z., (2007). Fuzzy Optimization and Decision Making. Springer (p. 3).

ДОВІДКА ПРО АВТОРІВ

Бугай Богдан Андрійович – студент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Buhai Bohdan - student, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

E-mail: bohdan.buhai@yahoo.com

Гордієнко Юрій Григорович – професор, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Gordienko Yuri – professor, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

E-mail: yuri.gordienko@gmail.com

Buhai Bohdan, Gordienko Yuri

METHOD OF MEASUREMENT VIDEO SIMILARITY OF VIDEO CONTENT

Target setting. In many areas of human activity, from computer vision and search engines, data deduplication systems to various video moderation control systems, there is a need for quick analysis of video material and finding similar video files. This work is devoted to the problem of finding a measure of similarity between video materials.

Problem formulation. The lack of a quick method to determine the similarity between the footage.

Actual scientific researches and issues analysis. During the past few years, there have been several methods for finding the difference between the footage, but the method that uses the perceptual hash based on the average color and the histogram, as a frame file characteristic of the video file, has not yet been compared.

Uninvestigated parts of general matters defining. This article is devoted to the study and analysis of the proposed approach to measure the similarity of video materials. The study focuses on verifying whether or not enough perceptual hash is based on an average color and a histogram to find similar footage.

The research objective. Find the measure of the similarity of two video files.

The statement of basic materials. The analysis of joint use of perceptual hash and histogram as a video frame characteristic. An approach is described for the processing of input video materials for finding a measure of similarity.

Conclusions. The presented method has good performance. Also, it is not reliable at significant changes in video footage, for example large noises or change the video frame area.

Key words: comparison of video content, perceptual hash, histogram, Hamming distance.