

УДК 004.75



С.Г. Удовенко¹, Л.Е. Чала², Є.С. Кушвід²

¹ХНЕУ ім. С. Кузнеця, м. Харків, Україна, serhiy.udovenko@hneu.net

²ХНУРЕ, м. Харків, Україна, larysa.chala@nure.ua

МЕТОД ПОРІВНЯННЯ ТЕКСТОВО-ГРАФІЧНИХ ФРАГМЕНТІВ В ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТАХ ЗА ГІБРИДНИМ КРИТЕРІЄМ

Розглянуто метод порівняння текстово-графічних фрагментів в електронних документах за гібридним критерієм. Цей метод дозволяє визначати інтегроване значення подібності між запитом, пов'язаним з зображенням в запиті, та текстово-графічним зображенням в базі даних документів. Критерій, що застосовується, передбачає використання вагових коефіцієнтів для зображень з анотаціями та для зображень без анотацій. Визначено перспективи використання запропонованого методу.

КОМБІНОВАНИЙ КРИТЕРІЙ, ПОРІВНЯННЯ ТЕКСТОВО-ГРАФІЧНИХ ФРАГМЕНТІВ, ХЕШ-МЕТОД ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ, ГІБРИДНИЙ ЗАПИТ

Удовенко С.Г., Чала Л.Э., Кушвид Е.С. Метод сравнения текстово-графических фрагментов в электронных документах по гибриднему критерию. Рассмотрен метод сравнения текстово-графических фрагментов в электронных документах по гибриднему критерию. Этот метод позволяет определять интегрированное значение сходства между запросом, связанным с изображением в запросе, и текстово-графическим изображением в базе данных документов. Применяемый критерий предусматривает использование весовых коэффициентов для изображений с аннотациями и для изображений без аннотаций. Определены перспективы использования предложенного метода.

КОМБИНИРОВАННЫЙ КРИТЕРИЙ, СРАВНЕНИЕ ТЕКСТОВО-ГРАФИЧЕСКИХ ФРАГМЕНТОВ, ХЭШ-МЕТОД, ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ГИБРИДНЫЙ ЗАПРОС

S.G. Udovenko, L.E. Chala, Ye.S. Kushvid. A method for comparing text and graphic fragments in electronic documents using a hybrid criterion. A method for comparing text and graphic fragments in electronic documents by a hybrid criterion is considered. This method allows you to determine the integrated similarity value between the request associated with the image in the request and the text-graphic image in the document database. The criterion used provides for the use of weights for images with annotations and for images without annotations. The prospects for using the proposed method are determined.

COMBINED CRITERION, COMPARISON OF TEXT-GRAPHIC FRAGMENTS, HASH METHOD OF PROCESSING IMAGES, HYBRID REQUEST

Вступ

Останнім часом отримали розповсюдження цифрові технології, що сприяють стрімкому збільшенню кількості інформації, яка зберігається в базах даних різного тематичного призначення. Для швидкого доступу до текстово-графічних електронних документів (ТГ-документів) виникає потреба у розробці інформаційних систем з ефективним керуванням цими базами зображень та можливістю оперативного пошуку зображень за запитом користувачів. Відзначимо, що такі системи об'єднують необхідність аналізу подібності зображень для подальшого анотування або класифікації [1, 2]. На сьогодні є актуальною проблема побудови мультимодальної системи пошуку та порівняння текстово-графічних (ТГ) фрагментів електронних документів, що містять зображення та текст. Важливими етапами роботи такої системи є індексація зображень та формування запитів. Індексація зображень – це операція, яка полягає у вилученні текстового підпису зображення, що описує його семантичний зміст, для можливості ефективного пошуку у базі даних. Формування запитів – операція, що дозволяє представляти інтереси користувача. Реалізація цих етапів потребує дослідження процесів пошуку і порівняння ТГ-фрагментів

електронних документів за характеристиками зображення та текстовими підписами. На рис. 1 наведено загальну схему порівняння ТГ-фрагментів за комбінованими запитом.

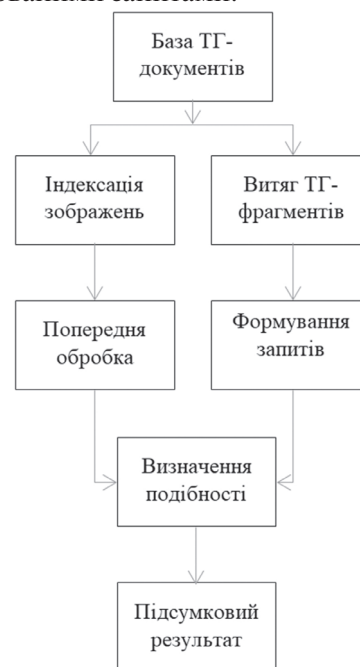


Рис. 1. Схема порівняння ТГ-фрагментів за комбінованими запитом

У даній роботі досліджуються основні етапи схеми порівняння текстово-графічних фрагментів електронних документів, а також пропонується метод такого порівняння за комбінованим мультимодальним критерієм.

1. Характеристика основних етапів схеми порівняння текстово-графічних фрагментів

Розглянемо деякі аспекти реалізації схеми, що наведено на рис. 1. Відзначимо, що база ТГ-документів цієї схеми корегується в режимі реального часу. Обсяг зображень цієї бази не є фіксованим, адже інформація про зображення постійно розвивається, в залежності від нових зовнішніх подій, які можуть виникнути в будь-який час. Зазначимо припущення, які є важливими для використання та розвитку системи порівняння ТГ-фрагментів на етапі індексації зображень:

– екземпляри зображень бази не завжди містять повну текстово-графічну інформацію;

– загальна кількість зображень не є фіксованою і обробка нових зображень здійснюється в режимі реального часу;

– база знань системи ґрунтується на анотаціях зображень, доповнених текстом, а також на їх візуальних характеристиках (колір, текстура, форма, просторова диспозиція);

– навчання є інтерактивним і може бути виконане шляхом використання методів навчання з підкріпленням. Взаємодія між користувачами та експертами системи має здійснюватися у простий спосіб для фільтрації не релевантних запитам зображень під час пошуку;

– навчання здійснюється на малих вибірках навчальних даних (до 20 екземплярів).

– система має формувати (аналізувати) анотації зображень в режимі реального часу.

З оглядом на ці гіпотези, в кожний поточний момент можуть розглядатися три типи зображень в пропонованій системі: зображення без анотації; зображення з додатковою інформацією (наприклад, додатковий опис або довідкові дані); зображення з автоматично доданою інформацією (з «розширеними» анотаціями).

Можливість еволюції бази даних зображень і відповідної бази знань визначила такі сценарії витягу ТГ-фрагментів та формування запитів:

– сценарій 1: зображення без анотації використовується як запит, спрямований на пошук близьких зображень з бази даних;

– сценарій 2: набір слів в текстово-графічних документах використовується як повноцінний запит;

– сценарій 3: зображення та слова в текстово-графічних документах використовуються як повноцінний запит.

Проблема застосування двох останніх сценаріїв виникає, коли частина бази даних зображень не анотована, що робить цю частину недоступною через текстові запити. У цьому випадку необхідно використовувати зв'язок між текстовими словами та візуальними характеристиками для мультимодального пошуку та анотування зображень, які містять текстову частину.

В значній мірі швидкодія методів порівняння ТГ-фрагментів залежить від тривалості попередньої обробки, що дозволяє представити анотовані зображення в придатному для швидкого порівняння вигляді. На етапі попередньої обробки цих зображень доцільно використовувати хеш-методи в комбінації з деякими більш точними методами [3, 4].

Метод мультимодального визначення подібності ТГ-фрагментів має поєднувати візуальний пошук зразків зображень та текстовий пошук за ключовими словами. Візуальна подібність між запитом, пов'язаним з зображенням в запиті, та текстово-графічним зображенням в базі даних оцінюється за величиною скалярного добутку відповідних векторів з використанням комбінованого критерія.

2. Попередня обробка зображень в ТГ-документах з використанням комбінованого хеш-методу

Визначальні ознаки зображень, які використовуються для попередньої обробки зображень в ТГ-документах, можуть бути розбиті на кілька груп [5]. До першої групи таких ознак віднесемо набір гістограм, для побудови яких використовуються палітри HSV і RGB. При формуванні гістограм для RGB-палітри колірний простір розбивається на 32 рівні частини і визначається кількість пікселів зображення в кожній з частин. Для HSV-палітри гістограми будуються окремо по кожній з компонент. Ознаки, отримані з різних гістограм, доповнюють одна одну, так як палітри HSV і RGB пов'язані нелінійним перетворенням і відповідають за різні властивості об'єктів. До другої групи можна віднести текстурні ознаки, засновані на підрахунку граничних пікселів. Для обчислення цих ознак зображення переводяться в чорно-білий формат, визначаються різкі характеристики яскравості переходи, а потім з верхньої і нижньої областей зображень зображення виділяються двадцятивідсоткові смуги пікселів. При пошуку зображень за зразком аналізуються пари зображень, які порівнюються. У дослідженнях, присвячених використанню текстурних ознак при порівнянні зображень, виділяються ознаки контрастності, грубості, спрямованості, лінійних образів, регулярності, однорідності і шорсткості текстур [6].

Перспективним є їх комбіноване використання з наступною розробленням відповідної сигнатури, придатної для ефективної реалізації алгоритму порівняння аналізованого і базового зображень.

Аналіз показав, що для створення таких сигнатур попередньої обробки зображень в ТГ-документах доцільно використовувати ідею хеш-методу в комбінаціях з деякими більш точними методами. До таких методів належать, перш за все, детектор Харріса (ДХ), метод LoG (Laplacian-of-Gaussian), SIFT-дескриптори (Scale Invariant Feature Transform), метод ТІ (TinyImages) і метод МППО (метод пошуку за зразком). Розглянемо деякі особливості цих методів.

Метод ДХ заснований на оцінці зміни інтенсивності світла з подальшим визначенням опорних точок зображень. До переваг методу відносяться інваріантність до поворотів та зрушення інтенсивності. У той же час він не є інваріантним до зміни масштабу зображення. Метод LoG дозволяє вирішити проблему порівняння зображень при зміні масштабу зображення. SIFT-дескриптор є ефективним засобом формування системи інваріантних структурних ознак. Він заснований на використанні сучасних базових принципів локальної обробки, що включають в комплексі локальну фільтрацію, формування значущих ознак, аналіз простору перетворень та апроксимацію координат ознак. У той же час широке застосування SIFT-дескрипторів обмежується їх обчислювальною складністю і високими вимогами до технічних засобів їх реалізації. До гібридних методів порівняння зображень відноситься метод ТІ. Тут спочатку генерується зменшена копія зображення з роздільною здатністю 32x32 пікселя. На першому кроці, незалежно від пропорцій, зображення стискається до розміру 20x20 пікселів і приводиться до сірого. У якості першої сигнатури використовується центральна частина зображення розміром 16x16 пікселів. В якості другої сигнатури використовуються дескриптори цікавих точок, координатами яких є екстремумами DoG-перетворення (Difference of Gaussian). Вводиться емпіричний поріг, нижче якого сигнатури вважаються близькими. Аналіз координат близьких сигнатур на парі зображень дозволяє виділити область їх перетину, для якої обчислюється попиксельна різниця і різниця карт градієнтів. Якщо такі різниці менше порогових, то пара зображень вважається близькою. Для порівняння зображень за зразком може бути використаний також метод МППО, в основі якого лежить представлення зображення у вигляді нечіткої колірної гистограми [7].

Відмінною рисою методу МППО є те, що гистограми будуються тут без використання процедури

дефазифікації. Для цього в кожній точці зображення визначається вектор 75-вимірному простору, компоненти якого є середнім арифметичним значень трьох функцій належності, після чого здійснюється усереднення даних векторів. Відстань між подібними векторами, що описують зображення, обчислюється на основі функції перетину гістограм.

Виділимо основні моменти, які необхідно враховувати при створенні комбінованого методу порівняння зображень:

- для підвищення швидкості обробки вихідне зображення доцільно зменшити;
- при комбінуванні хеш-методу з іншими методами доцільно використовувати відповідні вагові коефіцієнти;
- на етапі попередньої обробки має формуватися сигнатура, яка дозволяла б здійснювати оперативне визначення близьких об'єктів.

У таблиці 1 наведені результати порівняльного аналізу швидкості обробки зображень із застосуванням різних методів (SIFT, ДХ, LoG, ТІ, МППО, хеш-метод).

Таблиця 1

Оцінка середньої швидкості попередньої обробки одного зображення (300 px)

Метод попередньої обробки зображень	Середній час (сек) попередньої обробки одного зображення
SIFT	5.6
ДХ	3.1
LoG	4.9
ТІ	2.2
МППО	2.6
хеш-метод	0.2

Очевидно, що в якості базової процедури для вирішення поставленого завдання доцільно вибрати обчислювальну процедуру хеш-методу, що має суттєві переваги в швидкості обробки зображень в порівнянні з іншими методами.

Розглянемо особливості формування хешу зображення із застосуванням хеш-методу. Відповідно до теорії перетворень Фур'є зображення є двовимірним (залежність яскравості від горизонтальної та вертикальної координат) неперіодичним сигналом. Для RGB зображення необхідно розглядати яскравість в каналах Red, Green і Blue. Розглянемо декомпозицію зображення на фрагменти, що відповідають різним діапазонам частот:

- на низьких частотах будуть міститися найбільші деталі, що задаються загальним розподілом яскравості і кольору, і, отже, визначають форму об'єкта;

– на середніх частотах формується середня і дрібна деталізація, яка задає «локальний контраст» і для знятих крупним планом об’єктів є фактурою поверхні;

– на високих частотах формується наддрібна деталізація («мікrokонтраст»), яка задає різкість зображення.

Очевидно, що для порівняння зображень необхідно, перш за все, використовувати низькі частоти. Розглянемо приклад роботи алгоритму попередньої обробки вхідного зображення, представленого на рис. 2 [5].



Рис. 2. Вхідне зображення

Для позбавлення від високих частот зменшено вихідне зображення (відповідно до процедури хеш-методу). В даному прикладі зображення зменшується до розмірності 8x8. Зменшене зображення потім знебарвлюється (переводяться в градації сірого, що істотно скорочує розмір хешу). Зменшене і знебарвлене зображення представлено на рис. 3.



Рис. 3. Зменшене та знебарвлене зображення

Далі для кожного з кадрів зображення обчислюється середнє значення пікселів. Кожен піксель порівнюється із середнім значенням і, якщо він більше середнього значення, то в комірку хеша записується 1 (інакше 0). В результаті формується підсумкове хеш-зображення (рис. 4).

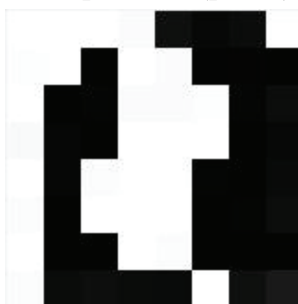


Рис. 4. Вихідне зображення

Для підвищення точності базової хеш-процедури, додамо вагові характеристики для чорно-білого рисунка 8 * 8. При цьому будемо вважати, що ступінь «значущості» точки на зменшеному зображенні збільшується в залежності від кількості сусідів іншого кольору. Таким чином, коефіцієнт змінюється від 0 до 8. Наведемо опис відповідної процедури:

Крок 1. На етапі первинної обробки вихідне зображення спочатку зменшується до розміру 10 * 10, після чого крайові значення обрізаються до розмірності 8 * 8 із загальним числом пікселів 64. Це дозволяє позбутися від рамок на зображенні та виділити його основну частину. Таким чином, хеш буде відповідати всім варіантам зображення, незалежно від розміру та співвідношення сторін.

Крок 2. Видаляється колір зображення. Зменшене зображення переводиться в градації сірого, що зменшує хеш з 64 пікселів (64 значення червоного, 64 зеленого і 64 синього) всього до 64 значень кольору.

Крок 3. Здійснюється приведення зображення до чорно-білих бітів. Для кожного з кадрів обчислюється середнє значення пікселів, а потім кожен піксель порівнюється із середнім значенням (якщо він більше середнього значення, то в клітинку хеша записується 1, інакше 0).

Крок 4. Проводиться побудова хеша: 64 окремих біта переводяться в одне 64-бітове значення (порядок не має значення, якщо він зберігається постійним). Підсумковий хеш не зміниться, якщо зображення стиснути або розтягнути. Зміна яскравості або контрасту, а також маніпуляції з квітами також істотно не впливають на підсумковий результат.

Крок 5. Для порівняння аналізованого зображення з базовими обчислюється відстань Хеммінга (підраховується кількість різних бітів) з урахуванням ваг. У табл. 2 наведені співвідношення між класичною (D) і модифікованою (M) відстанями Хеммінга для різних значень вагових коефіцієнтів W. При порівнянні аналізованого і базового зображень нульова відстань означає, що це однакові зображення (або варіації одного зображення). При відстані від 0 до 5 зображення в цілому досить близькі один до одного (неповні дублікати). При відстані від 6 до 9 зображення характеризуються окремими загальними ознаками, але дублікатами не є. Якщо відстань більше 9, то зображення вважаються різними.

Таблиця 2

Корекція відстані між зображеннями з урахуванням вагових коефіцієнтів

W	0	1	2	3	4	5	6
D	1	1	1	1	1	1	1
M	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1

3. Метод визначення подібності текстово-графічних фрагментів

Розглянемо спочатку векторну модель визначення подібності текстово-графічних фрагментів за текстовими підписами. Текстову частину документа D , що має порівнюватися з текстовою частиною запиту Q , представимо як зважений вектор термінів:

$$d_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, \dots, w_{i,t}), \quad (1)$$

Для обчислення подібності між запитом Q і документом D визначається скалярний добуток між відповідними векторами:

$$S(d_i, q) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj} \cdot S(d_i, q) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj}. \quad (2)$$

Різні методи оцінки вагових коефіцієнтів дозволяють створити чимало функцій ранжирування для моделі векторного простору. Розглянемо підхід з використанням класичної моделі TF-IDF та техніки зважування і нормалізації. Класична векторна модель обчислює вагу терміна в документі як добуток терміну частоти (TF) і зворотної частоти документів (IDF):

$$tf_{i,j} = \frac{n_{ij}}{\sum_k n_{k,j}}; \quad idf_i = \log \frac{N}{|\{d : t_i \in d\}|}, \quad (3)$$

де $n_{i,j}$ – число входжень розглянутих термінів t_i в документ d_j , а знаменник – сума числа входжень усіх членів документа d_j ; N – загальна кількість документів в корпусі, $|\{d_j : t_i \in d\}|$ є числом документів, де з'являється термін t_i (який має $n_{i,j} = 0$).

Така модель дозволяє отримати функцію подібності між запитом Q і документом D у наступному вигляді:

$$S(d_i, q) = \frac{\sum_j D_i \times D_q}{|D_i| |D_q|}, \quad (4)$$

де $D_k = tf_k \cdot idf_k$ та $|D_i| |D_q|$ – знаменник для стандартизації.

В імовірнісній моделі оцінюється ймовірність того, що документ d_j має відношення до конкретного запиту q , тобто $P(R|q, d_j)$.

Сукупність термінів, що використовуються в документі d_j , можна представити у вигляді бінарного вектора $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ з $x_i = 1$, якщо термін i присутній у d_j , та $x_i = 0$ в іншому випадку. Потім документи ранжируються в порядку убування відповідно до наступного виразу:

$$S(d_j, q) = \sum_{i=1}^n \log \frac{P(x_i|R)(1 - P(x_i|\bar{R}))}{(1 - P(x_i|R))P(x_i|\bar{R})}, \quad (5)$$

де R – сукупність релевантних (позитивних) результатів і \bar{R} – сукупність нерелевантних (негативних) результатів. $P(x|R)$ та $P(x|\bar{R})$ є відповідно ймовірностями релевантних або нерелевантних елементів вектора $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Розглянемо далі векторну модель визначення подібності текстово-графічних фрагментів за візуальними характеристиками зображень, автоматично витягнутих з візуального вмісту. Така модель залежить від функції подібності та використовуваних візуальних сигнатур, що отримуються на розглянутому вище етапі хешування зображень, які можуть бути векторами ознак, регіональними характеристиками або узагальненими локальними характеристиками [8]. При цьому функція ранжирування залежить від використовуваних характеристик. Наприклад, подібність текстурних ознак часто вимірюється за допомогою відстані Мінковського або відстані Махалонобіса (що враховує співвідношення різних характеристик). Розглянемо два зображення, індексовані відповідними векторами $I = (I_1, I_2, \dots, I_n)$ та $J = (J_1, J_2, \dots, J_n)$. Оцінювання подібності між двома зображеннями полягає в обчисленні подібності між I та J . Метрики Мінковського L_p , які є найбільш поширеними геометричними відстанями, мають такий загальний вигляд:

$$L_p = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n (I_i - J_i)^p}. \quad (6)$$

Відстань Махалонобіса враховує співвідношення різних характеристик:

$$d = \sqrt{(\bar{I} - \bar{J})^T C^{-1} (\bar{I} - \bar{J})}. \quad (7)$$

де C – матриця коваріації розподілу I та J .

Розглянемо спочатку представлення загальної характеристики зображення у вигляді набору векторів ознак $((z_1, p_1), (z_2, p_2), \dots, (z_n, p_n))$, де z_i – вектор ознак, а p_i – відповідні ваги цих ознак.

Нехай ми маємо дві таких характеристики $I_m = ((z_1^m, p_1^m), (z_2^m, p_2^m), \dots, (z_n^m, p_n^m))$, $m = 1, 2$. Природним підходом до визначення міри подібності є вимірювання подібності між z_i^1 та z_i^2 з подальшим об'єднанням відстаней між цими векторами та відстані між наборами векторів.

Застосуємо підхід до такого вимірювання, заснований на привласненні кожній парі z_i^1 та z_i^2 таких ваг $s_{i,j}$ ($1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq n$), щоб вони відповідали на важливості асоціації між елементами цієї пари. Ваги мають відповідати таким обмеженням: $\sum_i s_{i,j} = p_j^2$; $\sum_j s_{i,j} = p_i^1$. Після визначення ваг відстань між I_1 та I_2 агрегується з відстаней між різними парами векторів:

$$D(I_1, I_2) = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} s_{i,j} d(z_i^{(1)}, z_j^{(2)}). \quad (8)$$

Відстань $d(x, y)$ може бути визначена різними способами. Наприклад, можна використовувати відстань Хаусдорфа, де кожен z_i^1 пристосований до свого найближчого вектора в I_2 , тобто z_i^2 , а відстань між I_1 та I_2 є максимальною серед усіх $d(z_i^1, z_i^2)$.

Розглянемо етап поєднання процесів порівняння текстово-графічних фрагментів електронних документів за характеристиками (ознаками) зображення та текстовими підписами (ключовими словами).

Візуальна подібність V_d між запитом, пов'язаним з зображенням Q , та текстово-графічного зображення I_i оцінюється за величиною скалярного добутку відповідних векторів:

$$V_d(\bar{I}_i, \bar{Q}) = \sum_j w_{ij} \times w_{qj}. \quad (9)$$

Текстова подібність S_d між запитом, пов'язаним з зображенням Q , та текстово-графічного зображення I_i розраховується наступним чином:

$$S_d(I_i, q) = \frac{|K_{i,q}|}{|K_q|}, \quad (10)$$

де $|K_{i,q}|$ – кількість однакових ключових слів для зображення Q та зображень I_i ; $|K_q|$ – загальна кількість ключових слів ключових слів у зображенні Q .

Інтегроване значення подібності визначається наступним чином:

$$S_{final} = r * S_q + (1-r) * V_d \quad S_{final} = r * S_q + (1-r) * V_d, \quad (11)$$

де r – ваговий коефіцієнт.

4. Тестування та перспективи розвитку методу

При тестуванні розглянутого вище методу значення r приймалися від 0,1 до 0,8 для різних типів текстово-графічних фрагментів електронних документів: зображення з розширеними підписами: $r = 0,8$; зображення зі короткими підписами: $r = 0,1$. При цьому було використано колекцію авторефератів дисертаційних робіт. Експериментальне тестування запропонованого методу підтвердило його працездатність. Зокрема, для декількох вибірок текстово-графічних фрагментів електронних документів (з повним обсягом бази в 300 рефератів) були отримані наступні середні значення оціночних характеристик: повнота – 0,85; точність – 0,87; F-міра – 0,85.

Перспективним розвитком системи є дослідження можливості урахування додаткових метаданих зображення (наприклад, інформації про розташування об'єктів, дату, час формування зображень).

Висновки

У статті був розглянутий новий метод порівняння текстово-графічних фрагментів в електронних документах за гібридним критерієм. Цей метод дозволяє визначати інтегроване значення подібності між запитом, пов'язаним з зображенням в запиті,

та текстово-графічним зображенням в базі даних пошукової системи. Критерій, що застосовується, передбачає використання вагових коефіцієнтів для зображень з розширеними анотаціями та для зображень без анотацій. Схема запропонованого методу передбачає можливість постійної корекції елементів бази зображень з текстовими анотаціями та збільшення її розмірності. До основних етапів цієї схеми належать індексація зображень, попередня обробка та формування комбінованих запитів та процедура гібридного порівняння текстово-графічних фрагментів електронних документів.

Результати експериментального тестування підтверджують, що такий метод буде ефективний для розробки і модернізації систем аналізу електронних документів, що містять зображення різних типів.

Список літератури:

- [1] Quack T. A System for Largescale, Contentbased Web Image Retrieval / T. Quack, U. Monich, L. Thiele, B. Manjunath // MM'04, 2004, New York, USA. – P. 120 – 123.
- [2] Романюк В.А. Обробка графічної інформації / В. А. Романюк, О.М. Сальников, В. Г. Малюк та ін.; – Х.: Акад.ВВ МВСУ, 2013. – 112 с.
- [3] Kulis B. Kernelized locality-sensitive hashing. Pattern Analysis and Machine Intelligence / B. Kulis, K. Grauman /, IEEE Transactions on, 34(6):1092–1104, 2012. – P. 1092–1104.
- [4] Бойцов Л.М. Использование хеширования по сигнатуре для поиска по сходству / Л.М. Бойцов // Прикладная математика и информатика. – М. Изд-во факультета ВМиК, МГУ. – 2001. – № 8. – С. 135 – 154.
- [5] Чала Я. Э. Поиск неполных дубликатов в системах анализа цифровых изображений / Л.Э. Чала, П.Ю. Попаденко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Вип. 5/2014 (88). – 2014. – С.42 – 47.
- [6] Zhang D. Content-Based Shape Retrieval Using Different Shape Descriptors: A Comparative Study / D. Zhang, G. Lu // In IEEE International Conference on Multimedia and Expo. – 2001. – P. 289 – 293.
- [7] Волосных Д.Ф. Использование визуальных особенностей восприятия компонент цветовой модели HSI при поиске изображений по содержанию / Д.Ф. Волосных /Труды РОМИП. – 2010 – Режим доступа : <http://romip.ru/ru/2010/>
- [8] Удовенко С. Мультимодальна система порівняння текстово-графічних фрагментів в електронних документах / С. Удовенко, Л. Чала, Є. Кушвід // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2019)». – Залізний Порт, 2019 – С. 184-186.

Поступила до редколегії 10.06.2019