



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121545** (13) **C2**

(51) МПК (2020.01)

G06K 9/00

G06K 9/50 (2006.01)

G06K 9/52 (2006.01)

G06K 9/42 (2006.01)

G06K 9/68 (2006.01)

G06T 7/60 (2017.01)

G06F 17/10 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2016 08858	(72) Винахідник(и): Чаплагін Микола Петрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 16.08.2016	(73) Власник(и): Чаплагін Микола Петрович, вул. І. Пулюя, буд. 19/23, м. Львів, 79060 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.06.2020	(74) Представник: Ортинська Марія Юріївна, реєстр. №358
(41) Публікація відомостей про заявку: 26.02.2018, Бюл.№ 4	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: WO 0111489 A2, 15.02.2001 CN 101859384 A, 13.10.2010 US 2010158345 A1, 24.06.2010
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2020, Бюл.№ 12	

(54) АВТОМАТИЧНИЙ МЕТОД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОДІБНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ФРАГМЕНТІВ ЗОБРАЖЕНЬ, ЯКИЙ БАЗУЄТЬСЯ НА ВМІСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

(57) Реферат:

Винахід належить до інформаційних технологій. Автоматичний метод для визначення подібних зображень та фрагментів зображень включає етапи оброблення вмісту зображення, етапи побудови числового вектора для представлення вмісту зображення. Кожне зображення обробляється для визначення вмісту, який трактується як геометричні форми, а числовий вектор, що представляє зображення, будується, базуючись на геометричних параметрах визначених геометричних форм. Технічним результатом є підвищення точності та достовірності методу.

UA 121545 C2

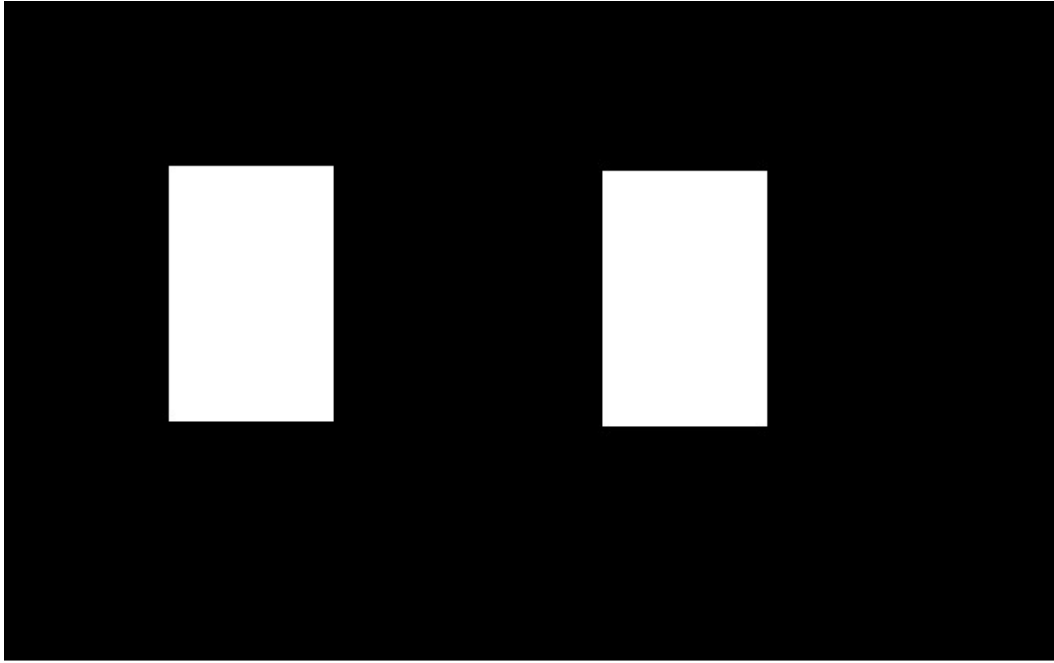


Fig. 1

Запропонований винахід належить до галузі інформаційних технологій і може бути використаний у інформаційних технологіях, що стосуються комп'ютерного бачення, для порівняння та пошуку подібних зображень та їх фрагментів за вмістом у великих базах/банках зображень.

5 Розвиток цифрових пристроїв для створення зображень (фотографій) та фільмів, програм для оброблення зображень та сервісів для збереження та представлення цифрових зображень стало передумовою значного зростання представлення цифрових зображень у базах та банках даних.

10 Користувачі та адміністратори втрачають контроль над появою цифрових зображень та їх представленням та порядком, що створює надзвичайне навантаження на ресурси зберігання та передачі під час оброблення та зберігання дублікатів та подібних зображень.

В патенті US 8004576 B2 (МПК H041V 5/228, G06K 9/22, опубл. 23.08.2011 р.) розкрита технологія для розпізнавання об'єкта зображення, яка використовується в стільникових телефонах, в якій для порівняння зображень використовуються для виділення та порівняння 15 багатовимірні гістограми. Недоліком вказаного методу є необхідність використовувати для обчислень гістограму в цілому, що значно збільшує кількість необхідних обчислень та складність самих обчислень, оскільки необхідно враховувати потенційні невеликі зсуви гістограм у всіх вимірах. Також, гістограма не дає уяви про вміст зображення, і будується за кількістю точок певного кольору чи яскравості, що підвищує ймовірність неправильних 20 ідентифікацій подібності.

В патенті US 6687402 B1 (МПК G06K 9/48, опубл. 03.02.2004 р.) розкрито метод машинного зору і систему для порівняння шаблону до зображення. Метод базується на визначенні контурів зображення та порівнянні кожної точки контурів двох зображень для визначення взаємного відношення. Відомий метод має низьку точність порівняння.

25 З рівня техніки відомі система і спосіб для ближнього виявлення дублікатів зображення, що виконуються фізичною обчислювальною системою (заявка US 20120076423 A1, МПК G06K 9/46, опубл. 29.03.2012 р.). В способі геометричні ознаки використовуються для зменшення обчислень при пошуку подібних зображень. Даний метод не надає високу точність порівняння і вимагає складних обчислень.

30 В заявці US 20090290798 A1 (МПК G06K 9/46, опубл. 26.11.2009 р.) описано метод пошуку зображення, в якому для пошуку зображень відбувається розбиття зображення на спеціальні регіони (афінно-незалежні регіони, згідно з описом), нормалізація регіонів до "афінно-незалежного виду", деформація регіонів порівнюваних регіонів, та пошук засобом порівняння базових отриманих регіонів з деформованими порівнювальними регіонами. Даному методу 35 притаманні складність обрахунків, також при його реалізації не усувається необхідність проведення повторних обрахунків при зміні порівнювальної бази.

В патенті US 8472757 B2 (МПК G06K 9/54, опубл. 25.06.2013 р.) розкрито метод пошуку зображення для визначення подібності між зображенням введеного і зареєстрованого зображення, в якому для пошуку зображень використовується визначення пар ознак (на 40 вхідному зображенні та на порівнювальному зображенні), та визначається викривлення координат для всіх пар ознак. В даному методі присутня залежність оброблення вхідного зображення від порівнювального зображення, що потребує проводити розрахунки багато разів, що значно підвищує необхідну кількість обчислень.

Завдання, на вирішення якого спрямований запропонований винахід, є розробка методу для 45 автоматичного визначення подібних зображень та фрагментів зображень, який базується на вмісті зображень, у великих сховищах даних чи банках даних, в якому завдяки запропонованій послідовності дій досягається мінімізація операцій із зображеннями та використання якнайменшої кількості обчислень. Це означає, що кожне зображення обробляється тільки один раз, та процес порівняння не залежить від інших зображень, результати оброблення 50 зображення піддаються автоматичному зберіганню та порівнюються в оригіналі, без додаткових складних обчислень.

Поставлена задача вирішується тим, що запропонований автоматичний метод для визначення подібних зображень та фрагментів зображень, який базується на вмісті зображень, який характеризується тим, що за допомогою комп'ютерної системи:

- 55 а) задають принаймні одне вхідне зображення;
 б) задають параметри оброблення вхідного зображення;
 с) здійснюють обробку вхідного зображення, відповідно до параметрів, вибраних на етапі б);
 д) шляхом сегментації виділяють щонайменше одну геометричну форму;

е) обробляють вказані геометричні форми та визначають відношення площі до довжини контуру S/L геометричної форми для формування числового вектора Ven вхідного зображення, та, за необхідності, додаткові геометричні параметри.

5 ф) будують числовий вектор Ven, що включає в себе геометричні параметри, обчислені на етапах е), для кожної геометричної форми, виділеної на етапі d);

г) зберігають числовий вектор, побудований на етапі f) у сховищі даних;

h) обчислюють різницю dV між числовим вектором Ven, побудованим на етапі f), та числовим вектором Vdb зображення, попередньо збереженого у сховищі даних, для всіх порівнювальних зображень;

10 i) ідентифікують зображення, як подібне зображення, якщо різниця dV менша за визначене граничне значення.

В іншому варіанті здійснення запропонованого винаходу на етапі е) нормалізують вказані геометричні форми та визначають відношення площі до довжини контуру Sn/Ln нормалізованої геометричної форми для формування числового вектора Ven, та, за необхідності, додаткові геометричні параметри.

15 Крім того, додатковими геометричними параметрами, які визначають на етапі е), є: площа контуру S геометричної форми, довжина контуру L геометричної форми, коротша Ps проекція та довша Pl проекція геометричної форми, та кількість кутів контуру A геометричної форми.

20 Крім того, додатковими геометричними параметрами, які визначають на етапі е), є: площа Sn нормалізованої геометричної форми, довжина контуру Ln нормалізованої геометричної форми, коротша Psn проекція та довша Pln проекція нормалізованої геометричної форми, та кількість кутів контуру An геометричної форми.

25 Перевагою запропонованого методу є те, що він базується на використанні афінно-незалежних параметрів вмісту зображення для побудови числового вектора, що представляє вміст зображення, і може бути збережений та трансформований. Причому, числовий вектор використовується для порівняння, виключаючи вплив і взаємозалежність оброблення зображень одне від одного. Метод передбачає мінімізацію операцій із зображеннями та використання якнайменшої кількості обчислень. Це означає, що кожне зображення має бути оброблене лише один раз, та процес порівняння повинен не залежати від інших зображень, результати оброблення зображення мають піддаватися зберіганню та бути порівняними в оригіналі, без додаткових складних обчислень.

30 Завдяки повній формалізації метод може бути повністю автоматизованим та виключає втручання людського фактора на будь-якому етапі порівняння зображень, крім оцінювання результату.

35 Винахід пояснюється графічним матеріалом, де на Фіг. 1 показано виділені (сегментовані) передні прямокутники, на Фіг. 2 - виділений (сегментований) фоновий прямокутник, на Фіг. 3 - виділений (сегментований) фон зображення, на Фіг. 4 - виділені (сегментовані) передні прямокутники, які були повернені та зсунуті, на Фіг. 5 - виділений (сегментований) фоновий прямокутник (з зображення з повернутими передніми прямокутниками), на Фіг. 6 - виділені (сегментовані) передні прямокутники, які були повернуті за зсунуті, на Фіг. 7 - виділений (сегментований) фоновий прямокутник (з зображення з повернутими передніми прямокутниками), на Фіг. 8 - виділений (сегментований) фон зображення, на Фіг. 9 - таблиця з прикладом роботи методу на стандартному малюнку "Lena", на Фіг. 10 - таблиця з прикладом роботи методу на трансформованому малюнку "Lena_mr180", на Фіг. 11 - таблиця з прикладом роботи методу на стандартному малюнку Mandrill, на Фіг. 12 - таблиця з прикладом роботи методу на малюнку Baboon, на малюнку Фіг. 13 - таблиця з прикладом роботи методу на малюнку Peppers, на Фіг. 14 та Фіг. 15 - блок-схеми роботи запропонованого методу.

Математичне пояснення суті винаходу.

50 Запропонований метод базується на геометричних властивостях геометричних фігур. Для розуміння суті методу розглянемо відомі формули для визначення площі та довжини контуру.

Для прямокутника зі сторонами a та b
площа:

$$S_r = a * b; \quad (1)$$

55 довжина контуру:

$$L_r = 2 * a + 2 * b. \quad (2)$$

Для кола з радіусом r

Площа:

$$S_c = \pi r^2; \quad (3)$$

довжина контуру:

$$L_c = 2\pi r. \quad (4)$$

Якщо припустити, що довжина контуру величина постійна, і довжина контуру прямокутника та довжина контуру кола рівні між собою $S_r = S_c$, то r можна виразити через a та b :

$$2a + 2b = 2\pi r;$$

$$a + b = \pi r;$$

$$r = (a + b) / \pi. \quad (5)$$

Підставивши вираз (5) у формулу площі (3) отримаємо:

$$S_c = \pi \left((a + b) / \pi \right)^2 = (a + b)^2 / \pi.$$

Таким чином, уявивши, що довжини фігур рівні ($L_c = L_r$), можна побачити, що їх площі співпадають лише у випадку дуже унікальної комбінації довжини сторін прямокутника. І, для більшості випадків, площа фігур буде різною.

Звідси випливає висновок, що величина відношення площі фігури до довжини її контуру достатньо точно характеризує фігуру та відрізняє її від інших. Отже, параметри площі, довжини контуру є достатніми для визначення подібності фігур.

Для підвищення точності визначення подібності фігур, можливо використовувати додаткові геометричні параметри фігур, такі як довша та коротша проекції на вісь координат (у прямокутника вони будуть різні, на відміну від кола) та кількість кутів контуру (4 проти 0).

Оскільки кожне зображення складається з декількох об'єктів, та кожен об'єкт має наведені вище характеристики, то при збільшенні кількості об'єктів можна зменшувати кількість параметрів для визначення кожного з них, оскільки параметри почнуть доповнювати один одного.

Опис зображень.

Фіг. 1. Сегментовані (виділені, використовуючи різницю кольорів) передні прямокутники. Вони використані для демонстрації подібності та не подібності зображень. Це може бути описано термінами людської мови як: "Два прямокутники одного кольору всередині більшого прямокутника на прямокутному фоні". Цих два прямокутники вважаються однієї геометричною формою.

Фіг. 2. Виділений (використовуючи різницю кольорів) фоновий прямокутник.

Фіг. 3. Виділений (використовуючи різницю кольорів) фон зображення.

Фіг. 4. Виділені (використовуючи різницю кольорів) передні прямокутники після того, як один з них був повернутий та зсунутий. В них все ще ті ж самі значення величини площі та довжини контуру. Але змінилася величина довшої проекції на вісь координат (зменшилася через зсув). Кількість кутів не змінилася. Але вони все ще можуть бути описані як: "Два прямокутники одного кольору всередині більшого прямокутника на прямокутному фоні".

Фіг. 5. Виділений (використовуючи різницю кольорів) фоновий прямокутник. Він такий самий як і попередній. Отже, базуючись на зображеннях Фіг. 1 плюс Фіг. 2 та Фіг. 4 плюс Фіг. 5, оригінальні зображення з такими сегментами можуть бути визначеними подібними. Та, фактично, з семантичної точки зору, це правильно. Але у випадку, коли взаємне розташування фрагментів важливе - параметр довшої проекції на вісь координат робить зображення не подібними.

Фіг. 6. Виділені (використовуючи різницю кольорів) передні прямокутники після того, як один з них був повернутий та зсунутий. В них все ще така сама площа, довжина контуру. Величина коротшої та довшої проекцій на вісь координат змінилася через зсув. Кількість кутів та сама. Але вони, на відміну від попередніх, не можуть бути описані як: "Два прямокутники одного кольору всередині більшого прямокутника на прямокутному фоні", тому що один з них, лівий, частково за межами фонового прямокутника, що описано на наступному зображенні.

Фіг. 7. Виділений (використовуючи різницю кольорів) фоновий прямокутник. Він демонструє, що один з передніх прямокутників частково за межами фонового прямокутника, тому таке

зображення точно не подібне до попередніх двох. Також, можна побачити, що змінилася форма, тому змінилася площа, довжина контуру, та кількість кутів змінилися.

Фіг. 8. Виділений (використовуючи різницю кольорів) фон зображення, що має змінні величини площі, довжини контуру та кількості кутів. Тому зображення, що представлене цими фрагментами, не може бути визначеним подібним для двох попередніх.

В описуваному методі для представлення зображення використовуються прості неправильні геометричні форми (далі по тексті - геометричні форми), які можуть бути виражені у числовій формі, порівнювані та збережені. Такі геометричні форми визначаються автоматично, і характеризують вміст зображення із достатньою точністю. Також, ці геометричні форми нечутливі до розташування на зображенні, і афінних перетворень фактичних об'єктів на зображенні.

В запропонованому методі кожне зображення обробляється незалежно від інших для зменшення обчислень. Метод нечутливий до взаємовідносин між зображенням-запитом та порівнювальним зображенням.

В контексті запропонованого винаходу під вхідним зображенням або вхідним набором зображення розуміють зображення, які будуть перевірятися на те, що в сховищі даних (базі даних) є подібні до них чи ні. Порівнювальне зображення це - зображення, які попередньо збережені в базі даних або сховищі даних. Подібні зображення - це зображення, які в результаті роботи запропонованого методу за допомогою геометричних показників оригінальної та нормалізованої геометричних форм були ідентифіковані, як такі, що мають подібну копію в сховищі даних.

Геометричні форми, що представляють зображення, виділяються на зображенні, базуючись на алгоритмах сегментації. Існує велика кількість різних методів та алгоритмів сегментації, може бути використаний будь-який з них. Методи сегментації не є ціллю даного опису, будь-який з них може бути вибраний у відповідності до типів зображень у базі чи сховищі даних.

Запропонований метод базується на використанні геометричних характеристик геометричної форми, що представляє зображення, і такими є (але, не обмежуючись): площа контуру S геометричної форми, довжина контуру L геометричної форми, коротша та довша проекції P_s та P_l геометричної форми на будь-яку вісь координат, та кількість кутів контуру A геометричної форми, а також їх відношення.

Кожна геометрична форма, що представляє зображення, яка виділена будь-яким методом чи алгоритмом сегментації, трактується як геометрична форма, що має всі можливі геометричні ознаки. Відсутня вимога до сегментованої форми бути неперервною (див. Фіг. 1). Це означає, що декілька регіонів геометричної форми, які не мають дотичних чи загальних пікселів, все одно трактується як одна геометрична форма. Тоді площа форми включає всі точки, пікселі або інші величини виміру вибраного сегмента; контур є контуром області, або сума контурів всіх частин сегмента, якщо в них нема загальних чи дотичних точок; і так далі.

Відношення параметрів використовуються для мінімізації обчислень у системі порівняння. Наприклад, число, що дорівнює результату поділу площі S геометричної форми до довжини контуру L геометричної форми для кожної геометричної форми в одному зображенні, має достатню точність для порівняння зображень в цілому. Інші геометричні параметри в числовому векторі підвищують точність методу та можуть бути додані у випадку роботи із специфічними типами зображень. Параметри можуть бути скореговані, наприклад, на величину відношення площі геометричної форми до загальної площі зображення. Числовий вектор, який складається з геометричних параметрів фігур зображення, виміряних при оригінальному розмірі геометричних форм, і після нормалізації - і є вектором, який визначає зображення із точністю і унікальністю, які і дозволяють проводити порівняння і визначати подібність зображень.

В контексті даного опису прийняті такі позначення для використовуваних числових векторів:

V_{en} - числовий вектор для вхідного зображення;

V_{db} - числовий вектор для попередньо збереженого зображення у сховищі даних/базі даних (для кожного зображення числовий вектор обчислюється окремо).

Додаткові геометричні параметри в числовий вектор додаються для уникнення можливої невизначеності через випадкове співпадання параметрів. Параметрами для формування числового вектора V_{en} є: відношення площі контуру S геометричної форми до довжини контуру L геометричної форми; додаткові - площа контуру S геометричної форми, довжина контуру L геометричної форми, коротша та довша проекції P_s та P_l геометричної форми, та кількість кутів контуру A геометричної форми та відношення між ними нормалізованої геометричної форми, де нормалізація означає вписування геометричної форми у наперед визначену геометричну фігуру, таку як коло з наперед визначеною довжиною радіуса, чи квадрат з наперед визначеною довжиною сторони. Такими параметрами є площа S_n нормалізованої геометричної форми,

довжина контуру L_n нормалізованої геометричної форми, коротша та довша проекції P_{sn} та P_{ln} нормалізованої геометричної форми, у випадку, коли це необхідно.

В контексті заявленого винаходу під комп'ютерною системою розуміють стаціонарний комп'ютер, портативний комп'ютер, смартфон, персональний цифровий помічник (PDA), або будь-який інший пристрій, який з'єднаний із засобами введення інформації та засобами виведення інформації, дротовим або бездротовим з'єднанням. Комп'ютер містить процесор, який діє як блок управління, який працює в поєднанні з пам'яттю для виконання операцій, як це визначено встановленою програмою. Програма може бути заздалегідь збережена в розташованому в комп'ютері пристрої зберігання даних і ROM (постійний запам'ятовуючий пристрій), який служить як носій запису даних. Альтернативно, програма може бути збережена (записана) на знімному носії. Вхідне зображення-запит та порівнювальне зображення можуть безпосередньо вводитися в комп'ютерну систему (наприклад, за допомогою цифрової камери) або в оцифрованому вигляді, наприклад, шляхом сканування.

Сховищем даних (базою даних) зображення може бути будь-яка реляційна база даних або будь-який інший тип бази даних, яка зберігає дані, які використовуються для роботи способу, описаним в даному документі; сховище зберігає різні зображення (відповідно до мети використання способу), числові вектори та дані, отримані в процесі порівняння зображень, і, отже, є одним із засобів, використаних при реалізації запропонованого технічного рішення. Причому при реалізації способу використовується як мінімум одне сховище даних (база даних).

Блок управління комп'ютерної системи містить додаткові взаємозв'язані між собою модулі:

- модуль для введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення;
- модуль для сегментації зображень;
- модуль для оброблення сегментів;
- модуль для розроблення числового вектора;
- модуль для зберігання числового вектора;

та користувацький модуль для відтворення даних.

Модуль для ведення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення призначений для взаємодії з користувачем - користувач вказує базу даних, в якій мають зберігатися роботи системи, і яка використовується для порівняння оброблених зображень. Також користувач вказує вхідне зображення або вхідний набір зображень, які необхідно обробити, та параметри оброблення, у випадку, якщо система побудована таким чином, що дозволяє користувачу впливати на параметри оброблення зображення. Тут можуть бути збережені вказані алгоритми або методи сегментації.

Модуль для сегментації зображень виконаний з можливістю виділення сегментів з зображення, базуючись на параметрах оброблення зображення, вказаних у попередньому модулі. Сегмент трактується як геометрична форма і її параметри далі передаються у наступний модуль. Також модуль для оброблення сегментів виконаний з можливістю обчислення геометричних параметрів геометричних форм, а саме, в ньому обчислюються задані параметри сегментів, такі як, але не виключно: площа, довжина контуру, найдовша проекція на вісь координат, найкоротша проекція на вісь координат та інші. В цьому модулі також обчислюються геометричні параметри нормалізованої геометричної форми.

Модуль для розроблення числового вектора з отриманих параметрів призначений для побудови числового вектора для всіх сегментів зображення.

Модуль зберігання числового вектора призначений для зберігання числових векторів за визначеними правилами у сховищі даних. Також даний модуль виконаний з можливістю порівняння нового числового вектора зі збереженими раніше, для визначення вектора з мінімальною відстанню. У випадку, якщо відстань менша за визначену граничну величину, то зображення, яким відповідають обчислені вектори вважаються подібними.

Користувацький модуль призначений для відтворення даних, а саме відображення групи подібних зображень у зручній для користувача формі. Користувач може робити потрібні йому дії із подібними зображеннями, в залежності від мети, з якою подібні зображення визначалися.

Метод пояснюється наступними прикладами.

Приклад 1 (як показано на Фіг.14):

Користувач вказує (крок 101) вхідне зображення, щодо якого потрібно визначити чи є вже таке зображення у сховищі даних.

Користувач вказує (крок 102) сховище даних (базу даних), в якому має зберігатися вхідне зображення, і яке використовується для порівняння оброблених зображень.

Користувач задає параметри оброблення вхідного зображення, параметри сегментації та граничне значення "boundary value" (крок 103).

Кроки 101-103 здійснюються за допомогою модуля для введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення.

Засоби модуля для сегментації зображень здійснюють обробку (крок 104) зображення та виділяють геометричні форми. Далі здійснюють (крок 105) обчислення геометричних параметрів виділених геометричних форм. Після цього геометричні форми обробляють і обчислюють (крок 106) параметри для числового вектора Ven, такі як відношення площі до довжини контуру S/L, та, коли це необхідно, площу S контуру, довжину контуру L, коротшу проекцію Ps та довшу проекцію Pl контуру на вісь X та Y, кількість кутів A контуру геометричної форми.

Засоби модуля для розроблення числового вектора будують (крок 107) числовий вектор для всіх виділених геометричних форм (сегментів зображення). Вектор включає параметри, достатні для порівняння вхідного зображення з зображеннями у визначеному сховищі даних.

Числовий вектор, що містить, наприклад, лише відношення площі до довжини контуру, виражений таким чином:

15 $Ven=[S1/L1 \ S2/L2 \ S3/L3 \ ... \ Sk/Lk$

або числовий вектор, що містить всі можливі параметри:

20 $Ven=[S1/L1 \ S1 \ L1 \ Ps1 \ Pl1 \ A1 \ S2/L2 \ S2 \ L2 \ Ps2 \ Pl2 \ A2 \ S3/L3 \ S3 \ L3 \ Ps3 \ Pl3 \ A3 \ ... \ Sk/Lk \ Sk \ Lk \ Psk \ Plk \ Ak],$

де k - кількість геометричних форм (сегментів), виділених на зображенні, а значення S, L, Ps, Pl, A для кожної геометричної форми (сегмента) можуть додаватися для підвищення точності порівняння.

25 Засоби модуля зберігання числового вектора зберігають (крок 108) числовий вектор Ven як масив числових значень в даному модулі. Далі обчислюють (крок 109) різницю dV між числовим вектором Ven, побудованим на кроці 107 та збереженим на кроці 108, та числовими векторами Vdb, попередньо збереженими у сховищі даних, для кожного зображення з цього сховища даних. Далі обчислюють подібність (крок 110) зображень як $dV=\min(Ven-Vdbj)$, j від 1 до i, де i - кількість зображень у сховищі даних (базі даних), Ven-числовий вектор зображення, заданого користувачем на кроці 101, Vdb-числовий вектор зображення, вже обробленого і збереженого у сховищі даних.

$Ven-Vdb=|Ven1-Vdb1|+|Ven2-Vdb2|+...+|Venk-Vdbk|$, де k - кількість геометричних форм (сегментів), виділених на зображенні.

35 Далі визначають подібність (крок 111) вхідного зображення, причому зображення вважаються подібними, якщо різниця dV менша за введене на кроці 103 граничне значення "boundary value", задане користувачем у модулі введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення як межа подібності для даної бази даних. У випадку, якщо різниця dV більша за введене на кроці 103 граничне значення "boundary value", задане користувачем у модулі введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення як межа подібності для даної бази даних, то зображення вважається не подібним (крок 113).

40 З визначеним подібним зображенням користувач може робити (крок 112) потрібні йому дії, в залежності від мети, з якою подібні зображення визначалися. Наприклад, якщо спосіб використовується як частина програми для організації зображень - користувач може вибрати більш якісне зображення і видалити інші. Якщо спосіб використовується як частина системи попередження дублікатів - користувач побачить, що подібне зображення вже існує, і якщо ступінь подібності з його точки зору достатній, то видалити своє зображення. Якщо спосіб використовується для надання інформації про фактичне розташування галереї, у якій виставляються малюнки, подібний якому було знайдено, то користувачу буде надана інформація про галерею (назва, адреса, інше).

Така сама процедура використовується для фрагментів зображень.

Приклад 2 (як показано на Фіг.15).

Користувач вказує (крок 201) вхідне зображення, щодо якого потрібно визначити, чи є вже таке зображення у сховищі даних.

55 Користувач вказує (крок 202) сховище даних (базу даних), в якому має зберігатися вхідне зображення, і яке використовується для порівняння оброблених зображень.

Користувач задає параметри оброблення вхідного зображення, параметри сегментації та граничне значення "boundary value"(крок 203).

60 Кроки 201-203 здійснюються за допомогою модуля для введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення.

Засоби модуля для сегментації зображень здійснюють обробку (крок 204) зображення та виділяють геометричні форми. Далі здійснюють (крок 205) обчислення геометричних параметрів виділених геометричних форм. Після цього кожен геометричну форму нормалізують (крок 206) (тобто геометричну форму трансформують («вписують» у чотирикутник, коло або іншу фігуру з

фіксованими параметрами (довжина сторони або радіус), а всі інші геометричні параметри форми залишають незмінними при такій трансформації). Далі (крок 207) обчислюють параметри для числового вектора V_{en} , такі як відношення площі до довжини контуру S_n/L_n , та, коли це необхідно, площу S_n контуру, довжину контуру L_n , коротшу проекцію P_{sn} та довшу проекцію P_{ln} контуру на вісь X та Y , кількість кутів контуру A_n .

Засоби модуля для розроблення числового вектора будують (крок 208) числовий вектор для всіх виділених геометричних форм (сегментів зображення). Вектор включає параметри, достатні для порівняння вхідного зображення з зображеннями у визначеному сховищі даних. Числовий вектор виражений таким чином:

$V_{en} = [S_{n1}/L_{n1} \ P_{sn1} \ P_{ln1} \ S_{n2}/L_{n2} \ P_{sn2} \ P_{ln2} \ S_{n3}/L_{n3} \ S_{n3n3} \ P_{sn3} \ P_{ln3} \dots S_{nk}/L_{nk} \ P_{snk} \ P_{lnk}]$, де k - кількість нормалізованих геометричних форм (сегментів), виділених на зображенні, а значення S_n/L_n , S_n , P_{sn} та P_{ln} для кожної геометричної форми (сегмента) можуть додаватися для підвищення точності порівняння.

Засоби модуля зберігання числового вектору зберігають (крок 209) числовий вектор V_{en} як масив числових значень в даному модулі. Далі обчислюють (крок 210) різницю dV між числовим вектором V_{en} , побудованим на кроці 208 та збереженим на кроці 209, та числовими векторами V_{db} , попередньо збереженими у сховищі даних, для кожного зображення з цього сховища даних. Далі обчислюють подібність (крок 211) зображень як $dV = \min(V_{en} - V_{dbj})$, j від 1 до i , де i - кількість зображень у сховищі даних (базі даних), де V_{en} - числовий вектор зображення, заданого користувачем на кроці 201, V_{db} - числовий вектор зображення, вже обробленого і збереженого у сховищі даних.

$V_{en} - V_{db} = |V_{en1} - V_{db1}| + |V_{en2} - V_{db2}| + \dots + |V_{enk} - V_{dbk}|$, де k - кількість нормалізованих геометричних форм (сегментів), виділених на зображенні.

Далі визначають подібність (крок 212) вхідного зображення, причому зображення вважаються подібними, якщо різниця dV менша за введене на кроці 203 граничне значення "boundary value", задане користувачем у модулі введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення як межа подібності для даної бази даних. У випадку, якщо різниця dV більша за введене на кроці 203 граничне значення "boundary value", задане користувачем у модулі введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення як межа подібності для даної бази даних, то зображення вважається не подібним (крок 214).

З визначеним подібним зображенням користувач може робити (крок 213) потрібні йому дії, в залежності від мети, з якою подібні зображення визначалися.

Така сама процедура використовується для фрагментів зображень.

Приклад 3.

Даний приклад роботи запропонованого методу наведемо з використанням стандартного малюнка Lena (Фіг.9), трансформованого малюнка $Lena_mr180$ (Фіг.10), стандартного малюнка Mandrill (Фіг.11), малюнка Baboon, який містить той самий об'єкт без змін, що і на Фіг.11, просто їх файли мають різні імена (Фіг.12), малюнка Pepper, який повернутий і зменшений відносно оригіналу (Фіг.13).

Малюнки Lena (Фіг.9) та $Lena_mr180$ (Фіг.10) містять той самий об'єкт, проте над самим малюнками були проведені певні дії. Зображення $Lena_mr180$ (Фіг.10) віддзеркалене та повернуто на 180 градусів в порівнянні з малюнком (Фіг.9).

Малюнки Mandrill (Фіг.11) та Baboon (Фіг.12) містять той самий об'єкт без змін, просто їх файли мають різні імена: mandrill.jpg та baboon.jpg.

Малюнок Pepper (Фіг.13) повернутий і зменшений відносно оригіналу.

Для сегментації вибрано стандартний метод сегментації за перепадом кольору та яскравості.

Величина площі S дорівнює кількості точок, що входять в геометричну форму/сегмент (виділені білим на прикладах), величина довжини контуру дорівнює кількості точок, які мають найближчих сусідів за межами геометричної форми/сегмента.

Таким чином, найпростіші числові вектори, що складаються з показників відношення площі до довжини контуру S/L для кожної геометричної форми/сегмента матимуть форму:

для малюнка Lena.jpg (Фіг.9):

$V_{en} = [1.04 \ 2.30 \ 1.89 \ 1.29 \ 1.43 \ 1.57 \ 1.62 \ 1.62 \ 1.76 \ 1.45 \ 1.55 \ 1.89 \ 2.20 \ 0 \ 0 \ 0];$

для малюнка $Lenna_mr180.jpg$ (Фіг.10):

$V_{en} = [1.04 \ 2.31 \ 1.74 \ 1.30 \ 1.42 \ 1.60 \ 1.64 \ 1.62 \ 1.78 \ 1.41 \ 1.60 \ 1.97 \ 2.13 \ 0 \ 0 \ 0];$

для малюнка mandrill.jpg (Фіг.11):

Ven=[1.01 1.69 1.46 1.34 1.67 2.09 1.53 1.58 1.74 2.03 3.07 0 0 0 0 0];

для малюнка baboon.jpg (Фіг.12):

Ven=[1.01 1.69 1.46 1.34 1.67 2.09 1.53 1.58 1.74 2.03 3.07 0 0 0 0 0];

5 для малюнка peppers-flip-small (Фіг.13):

Ven=[1.66 1.52 1.40 1.68 1.97 1.27 1.23 1.20 1.51 1.40 1.94 1.74 1.80 0 0 0].

При сконфігурованій межі подібності dV=3.0, отримаємо такі результати відпрацювання методу:

Порівнювальні зображення	Різниця векторів	Результат
Lena.jpg <-> lena_wr180.jpg	0.49	Менше за dV; Подібні.
Lena.jpg <-> mandrill.jpg	8.20	Більше за dV; Не подібні.
Lena.jpg <-> baboon.jpg	8.20	Більше за dV; Не подібні.
Lena.jpg <-> pepper_flip_small.jpg	5.17	Більше за dV; Не подібні.
Lena_wr180.jpg <-> mandrill.jpg	8.08	Більше за dV; Не подібні.
Lena_wr180.jpg <-> baboon.jpg	8.08	Більше за dV; Не подібні.
Lena_wr180.jpg <-> pepper_flip_small.jpg	5.01	Більше за dV; Не подібні.
Mandrill.jpg <-> baboon.jpg	0	Менше за dV; Подібні.
Mandrill.jpg <-> pepper_flip_small.jpg	8.26	Більше за dV; Не подібні.
Baboon.jpg <-> pepper_flip_small.jpg	8.26	Більше за dV; Не подібні.

10 Переваги запропонованого методу:

- Універсальність методу - визначаються значущі показники, які і порівнюються в подальшому, немає безпосереднього порівняння двох зображень.

- Одноразовість обчислень - числовий вектор можна зберегти і використати повторно.

15 - Нечутливість до афінних перетворень зображення (масштабування, повороти, віддзеркалення).

- Нечутливість до афінних перетворень частини зображення (до певної міри).

- Низька чутливість до незначних відмінностей зображення (додавання або забирання маленьких об'єктів з зображення не заважає порівнювати їх).

20 - Ієрархічність побудови і зниження величини даних, які необхідно зберігати для порівняння зображень - чим більше зображення, тим менше параметрів треба для порівняння. Всі параметри потрібні лише для порівняння конкретних геометричних форм.

Запропонований метод може бути використаний у розробленні систем управління великими базами/банками зображень для визначення подібних зображень та подальшого видалення надлишкових; у системах фільтрації зображень на сайтах, для запобігання розміщення дублюючого графічного контенту; у системах пошуку контенту на сайтах та порталах за зображенням-зразком (наприклад, пошук інформації про художню галерею, в якій виставлений малюнок, за зображенням малюнку, який у ній виставлений); та інших систем автоматизованої роботи із зображеннями для їх визначення чи фільтрації у реальному часі.

30 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Автоматичний метод для визначення подібних зображень та фрагментів зображень, який базується на вмісті зображень, який характеризується тим, що за допомогою комп'ютерної системи, блок управління якої містить додаткові взаємозв'язані між собою модулі:

35 - модуль для введення, конфігурування параметрів бази даних та вхідного зображення;

- модуль для сегментації зображень;

- модуль для оброблення сегментів;

- модуль для розроблення числового вектора;

40 - модуль для зберігання числового вектора;та

- користувацький модуль для відтворення даних,

здійснюють наступні дії:

а) задають принаймні одне вхідне зображення;

б) задають параметри оброблення вхідного зображення;

45 в) здійснюють обробку вхідного зображення, відповідно до параметрів, вибраних на етапі б);

д) шляхом сегментації виділяють щонайменше одну геометричну форму;

е) нормалізують вказані геометричні форми та визначають відношення площі до довжини контуру Sn/Ln нормалізованої геометричної форми для формування числового вектора Ven, та,

за необхідності, додаткові геометричні параметри, причому додатковими геометричними параметрами є: площа S_n нормалізованої геометричної форми, довжина контуру L_n нормалізованої геометричної форми, коротша P_{sn} проекція та довша P_{ln} проекція нормалізованої геометричної форми, та кількість кутів контуру A_n геометричної форми;

- 5 f) будують числовий вектор V_{en} , що включає в себе геометричні параметри, обчислені на етапах е), для кожної геометричної форми, виділеної на етапі d), причому числовий вектор V_{en} виражений такою формулою:

$$V_{en}=[S_{n1}/L_n \ S_{n2}/L_n \ S_{n3}/L_n \dots S_{nk}/L_{nk}],$$

де k - кількість нормалізованих геометричних форм (сегментів), виділених на зображенні;

- 10 g) зберігають числовий вектор, побудований на етапі f) у сховищі даних та в модулі зберігання числового вектора блока управління;

h) обчислюють різницю dV між числовим вектором V_{en} , побудованим на етапі f), та числовим вектором V_{db} зображення, попередньо збереженого у сховищі даних, для всіх порівнювальних зображень;

- 15 i) ідентифікують зображення як подібне зображення, якщо різниця dV менша за визначене граничне значення.

2. Автоматичний метод за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатковими геометричними параметрами, які визначають на етапі е), є: відношення площі до довжини контуру S/L геометричної форми, коротша P_s проекція та довша P_l проекція геометричної форми, та кількість кутів контуру A геометричної форми.

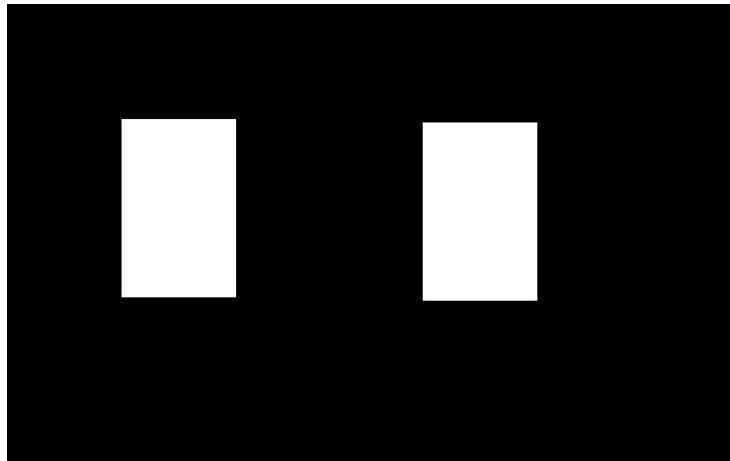


Fig. 1

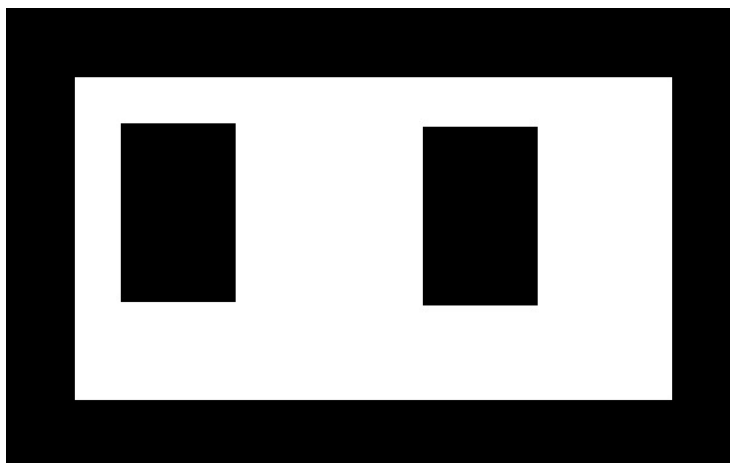
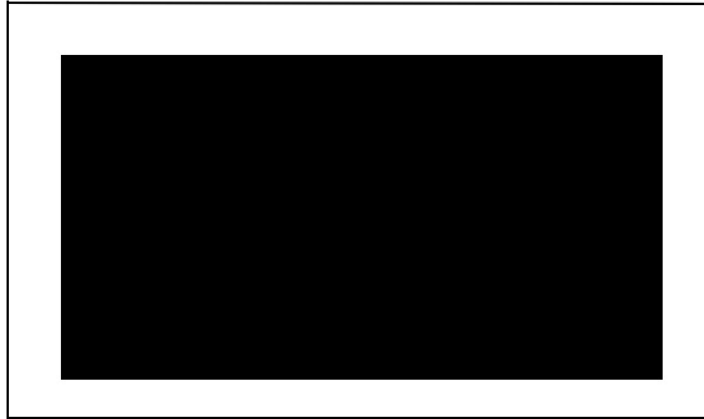
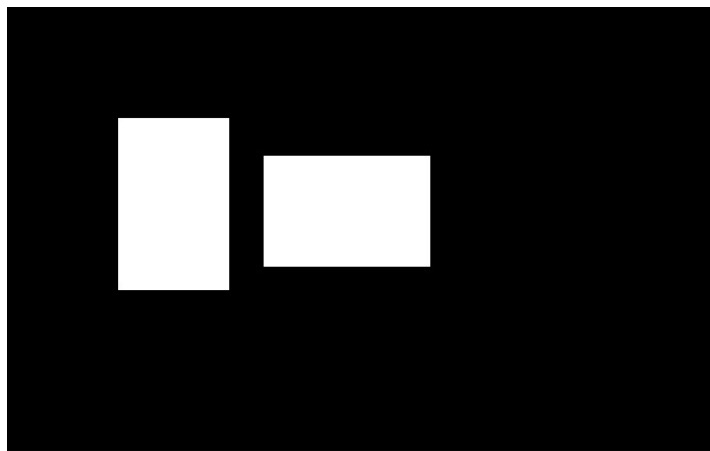


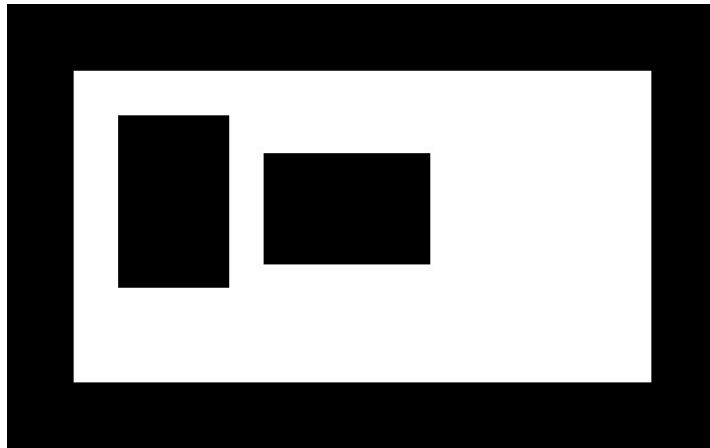
Fig.2



Φir.3



Φir.4



Φir.5

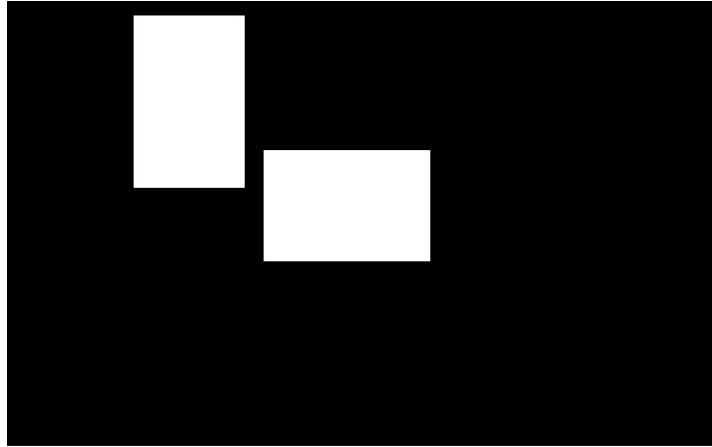



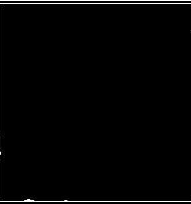











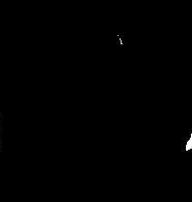


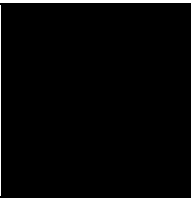

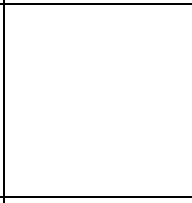

Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

Малюнок, геометрична форма/сегмент					
Назва малюнка, параметри S, L, S/L	Lena.jpg "Lena" оригінал	S=1654 L=1596 S/L=1.04	S=2755 L=1200 S/L=2.3	S=4320 L=2287 S/L=1.89	S=3397 L=2627 S/L=1.29
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=4179 L=2930 S/L=1.43	S=4451 L=2828 S/L=1.57	S=4936 L=3048 S/L=1.62	S=4967 L=3062 S/L=1.62	S=4355 L=2479 S/L=1.76
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=2058 L=1424 S/L=1.45	S=1599 L=1031 S/L=1.55	S=1175 L=623 S/L=1.89	S=154 L=70 S/L=2.2	S=0 L=0 S/L=0
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0			

Фіг.9


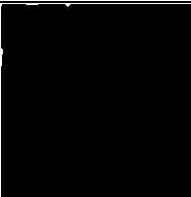











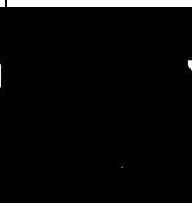
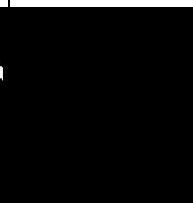
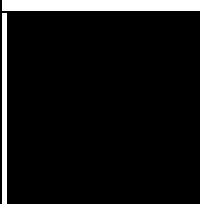
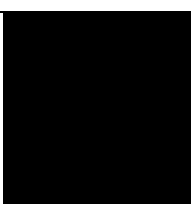
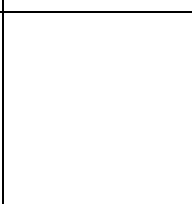
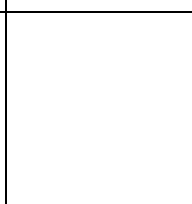
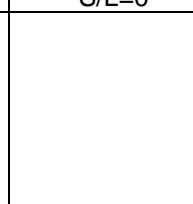
Малюнок, геометрична форма/сегмент					
Назва малюнка, параметри S, L, S/L	Lena_mr180.jpg "Lena" віддзеркалена та повернута на 180 градусів	S=1671 L=1601 S/L=1.04	S=3105 L=1345 S/L=2.31	S=4014 L=2310 S/L=1.74	S=3362 L=2591 S/L=1.3
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=4149 L=2921 S/L=1.42	S=4554 L=2844 S/L=1.6	S=5010 L=3064 S/L=1.64	S=4895 L=3020 S/L=1.62	S=4341 L=2439 S/L=1.78
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=1994 L=1419 S/L=1.41	S=1636 L=1024 S/L=1.6	S=1139 L=579 S/L=1.97	S=130 L=61 S/L=2.13	S=0 L=0 S/L=0
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0			

Fig.10

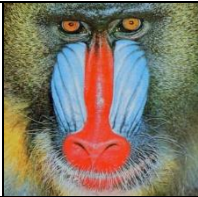
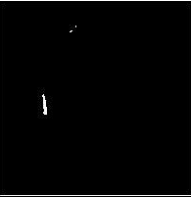



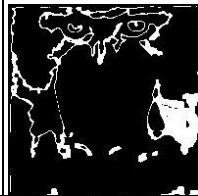

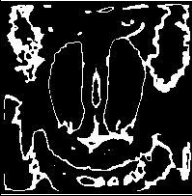



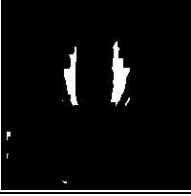
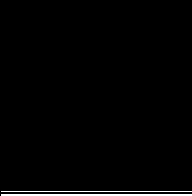
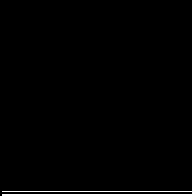
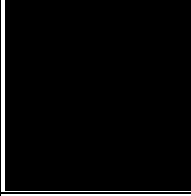
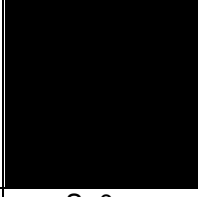

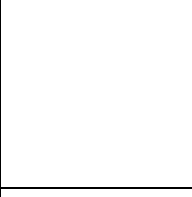
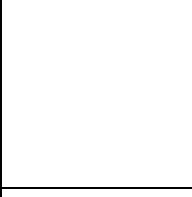
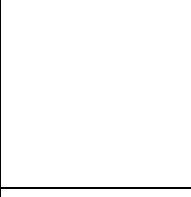
Малюнок, геометрична форма/сегмент					
Назва малюнка, параметри S, L, S/L	mandrill.jpg	S=1652 L=1638 S/L=1.01	S=768 L=454 S/L=1.69	S=1781 L=1217 S/L=1.46	S=2891 L=2152 S/L=1.34
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=5122 L=3076 S/L=1.67	S=8660 L=4146 S/L=2.09	S=6332 L=4142 S/L=1.53	S=5289 L=3340 S/L=1.58	S=3849 L=2214 S/L=1.74
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=2482 L=1222 S/L=2.03	S=1171 L=382 S/L=3.07	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0			

Fig.11

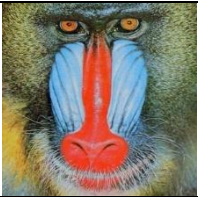
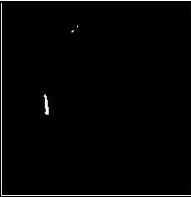

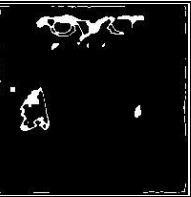
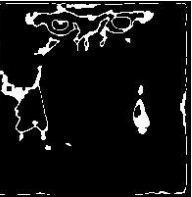


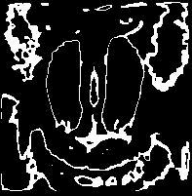
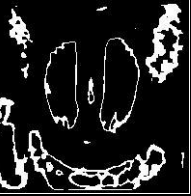


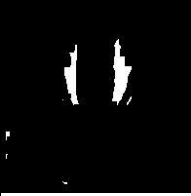
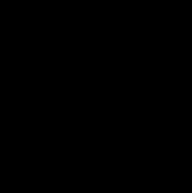
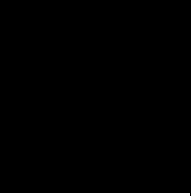
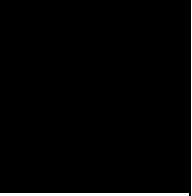
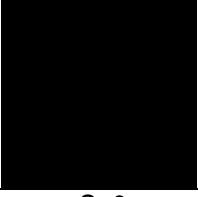
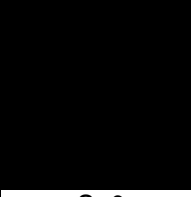

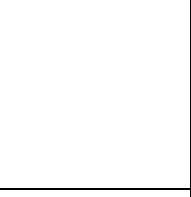
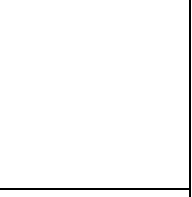
Малюнок, геометрична форма/сегмент					
Назва малюнка, параметри S, L, S/L	baboon.jpg	S=1652 L=1638 S/L=1.01	S=768 L=454 S/L=1.69	S=1781 L=1217 S/L=1.46	S=2891 L=2152 S/L=1.34
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=5122 L=3076 S/L=1.67	S=8660 L=4146 S/L=2.09	S=6332 L=4142 S/L=1.53	S=5289 L=3340 S/L=1.58	S=3849 L=2214 S/L=1.74
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=2482 L=1222 S/L=2.03	S=1171 L=382 S/L=3.07	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0			

Fig.12














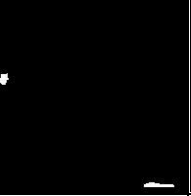
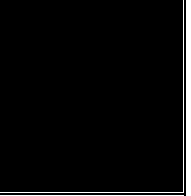
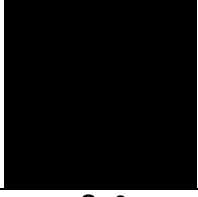
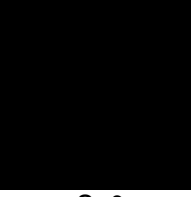

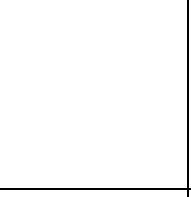
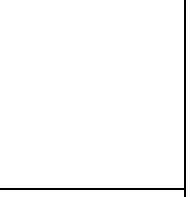
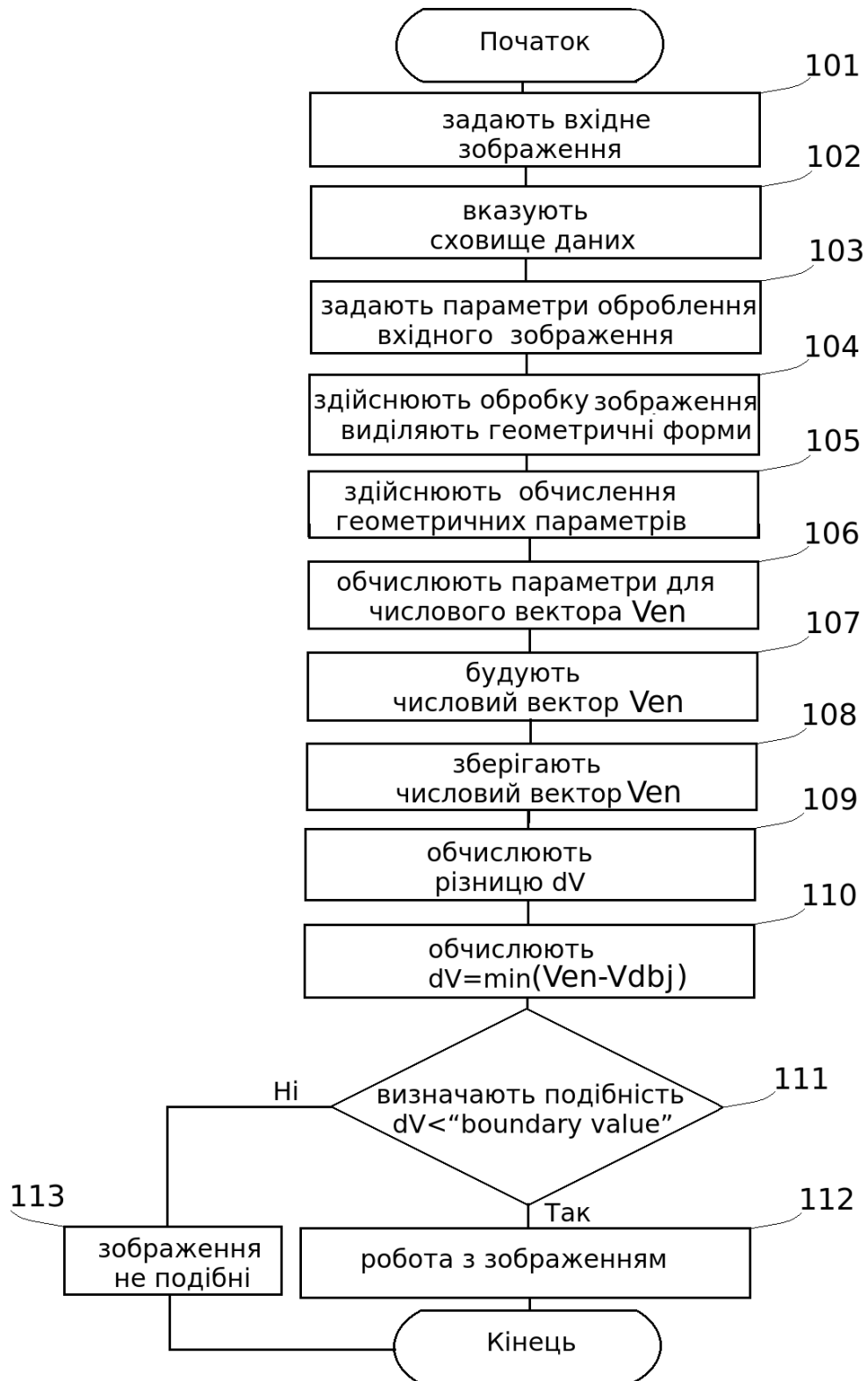
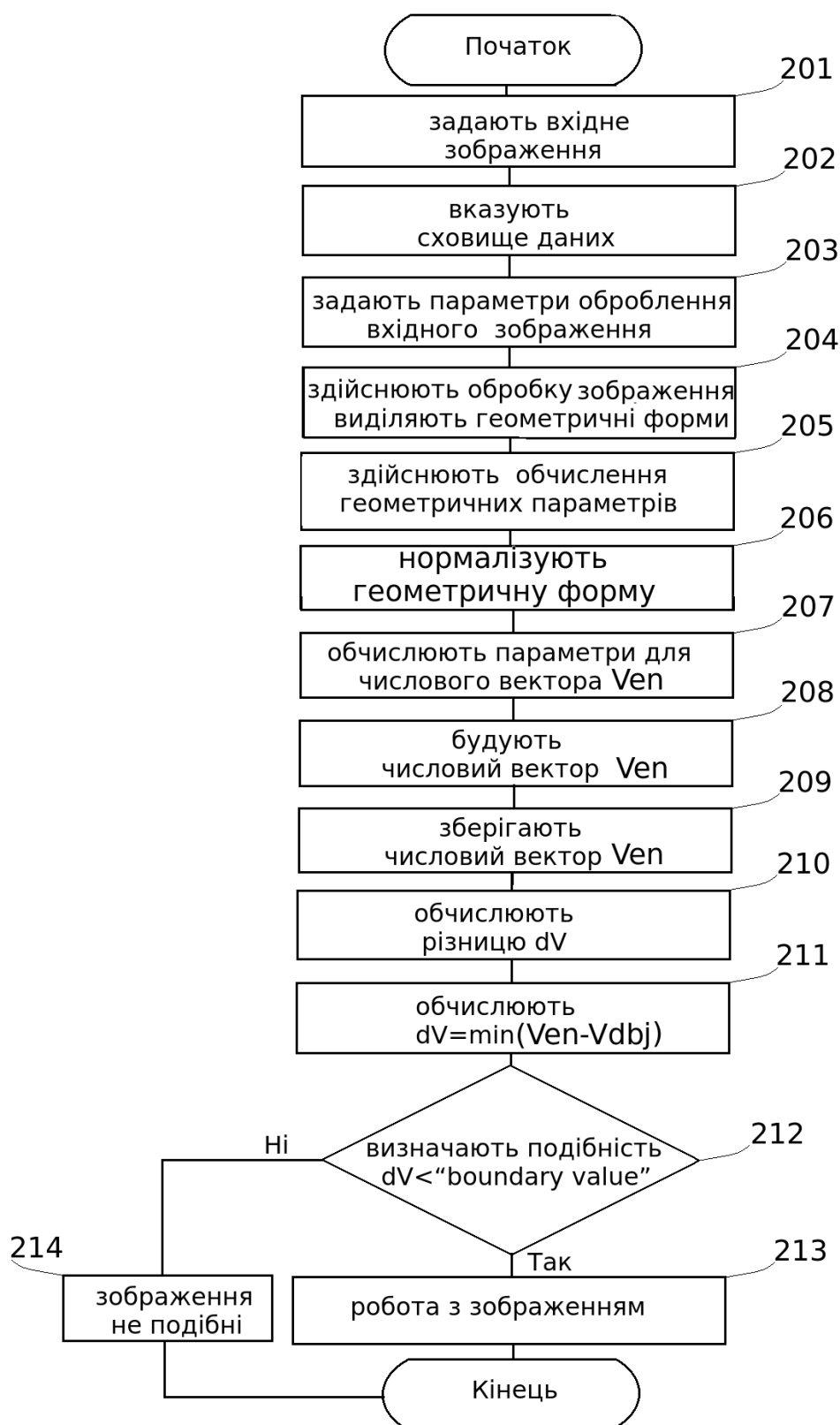
Малюнок, геометрична форма/сегмент					
Назва малюнка, параметри S, L, S/L	pepers-flip- small.jpg	S=4183 L=2519 S/L=1.66	S=2646 L=1742 S/L=1.52	S=2590 L=1856 S/L=1.4	S=3615 L=2146 S/L=1.68
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=5249 L=2668 S/L=1.97	S=2945 L=2310 S/L=1.27	S=2686 L=2189 S/L=1.23	S=2929 L=2447 S/L=1.2	S=4247 L=2810 S/L=1.51
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=3462 L=2473 S/L=1.4	S=3928 L=2028 S/L=1.94	S=1331 L=765 S/L=1.74	S=189 L=105 S/L=1.8	S=0 L=0 S/L=0
Геометрична форма/сегмент					
Параметри S, L, S/L	S=0 L=0 S/L=0	S=0 L=0 S/L=0			

Fig.13



Фіг.14



Фіг.15

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601