

Ю.О. Подчашинський, д.т.н., проф.
Л.О. Чепук, к.т.н.
Т.С. Воронова, асистент
К.В. Бендюкевич, студентка
Д.А. Засць, студентка

Державний університет «Житомирська політехніка»

Аналіз цифрових відеозображень з вимірювальною інформацією та виявлення об'єктів вимірювань

У статті розглядаються варіанти вибору ознак і критеріїв розпізнавання образів для обробки та ідентифікації растрових графічних зображень, одержаних у результаті оцифрування відеозображень з вимірювальною інформацією. Визначено оптимальні варіанти вибору з точки зору мінімізації числа обчислювальних операцій. Також важливою задачею під час комп'ютерної обробки візуальної (нетекстової) інформації є розпізнавання, ідентифікація і класифікація відеозображень, що представлені в різних форматах, в тому числі і у вигляді растрових графічних зображень. Під час роботи з реальними відеозображеннями з вимірювальною інформацією, що отримані в результаті введення відеосигналу у комп'ютер від зовнішнього джерела, виникає ряд викривлень, які можуть суттєво вплинути на процес розпізнавання й ідентифікації цих зображень. Звідси виникає задача оцінки впливу цих викривлень на якість розпізнавання й ідентифікації зображень з вимірювальною інформацією. Якість розпізнавання та ідентифікації растрових графічних зображень залежить від величини викривлень у зображенні з вимірювальною інформацією, які виникають у процесі його оцифрування і введення в комп'ютер. У свою чергу величина викривлень залежить від апаратного забезпечення і програмних засобів, що використовуються для введення відеозображень з вимірювальною інформацією.

Ключові слова: цифрове відеозображення; вимірювальна інформація; розпізнавання образів; ідентифікація; відеосигнал.

Актуальність теми. Важливою задачею під час комп'ютерної обробки візуальної (нетекстової) інформації є розпізнавання, ідентифікація і класифікація відеозображень з вимірювальною інформацією, що представлені в різних форматах, в тому числі і у вигляді растрових графічних зображень. Тому актуальним є дослідження процесу розпізнавання й ідентифікації таких зображень у реальних умовах, тобто за наявності різних видів завад і викривлень, що виникають при введенні відеозображень з вимірювальною інформацією у комп'ютер.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори. Теорію цифрової обробки зображень розглянули у роботах Претт У. [1], Гонсалес Р., Вудс Р. [2], Wilhelm Burger, Mark James Buge [3]. Основи комп'ютерної графіки аналізували у роботах Коцюбинський В.Ю. [4], Пічугін М., Канкін І., Вороніков В. [5], Мельник О.П. [6], Тменова Н.П. [7]. Контурний аналіз, методи комп'ютерної обробки зображень розглянуто у роботах [8, 9]. Вимірювання параметрів руху об'єктів на основі комп'ютеризованої обробки відеозображень розглянуто у [10].

Метою статті є дослідження процесу розпізнавання й ідентифікації відеозображень з вимірювальною інформацією, що представлені в різних форматах, в тому числі і у вигляді растрових графічних зображень у реальних умовах, тобто за наявності різних видів завад і викривлень, що виникають при введенні відеозображень з вимірювальною інформацією у комп'ютер.

Викладення основного матеріалу. Важливим завданням під час комп'ютерної обробки інформації є порівняння та розпізнавання растрових графічних зображень з вимірювальною інформацією.

Загальна структура системи розпізнавання зображень наведена на рисунку 1.



Рис. 1. Структура системи розпізнавання зображень з вимірювальною інформацією

Досліджуваний сигнал $u(t)$ проходить через дискретизатор та перетворюється у послідовність даних:

$$\{U(i)\} = \{u(1), u(2), \dots, u(N)\}. \quad (1)$$

Далі відбувається зниження розмірності (стиснення даних). Таким чином з множини даних $\{U(i)\}$ вибирається підмножина даних

$$\{Z(i)\} = \{z(1), z(2), \dots, z(M)\}, \quad (2)$$

де M набагато менше, ніж N .

Множина даних $\{Z(i)\}$ називається образом вхідного сигналу $u(t)$. Образ сигналу містить набір ознак, за якими можна однозначно класифікувати сигнал $u(t)$, тобто прийняти рішення про належність сигналу $u(t)$ до одного з класів сигналів $C(j)$ ($j = 1, 2, \dots, K$). Ці дії виконує блок прийняття рішень на основі критеріїв класифікації сигналу.

На основі такої системи здійснюється розпізнавання растрових графічних зображень.

Загальна постановка задачі. Нехай ми маємо набір растрових графічних зображень та один чи декілька зразків (еталонів) зображень. Треба порівняти набір зображень зі зразками та визначити, чи є серед набору такі зображення, що збігаються зі зразками.

Під час розв'язання такої задачі вхідний сигнал $u(t)$ – це відеосигнал від зовнішнього джерела. У результаті дискретизації окремий кадр відеосигналу перетворюється в растрове графічне зображення, яке є множиною даних $\{U(i)\}$. З цієї множини вибирається набір ознак $\{Z(i)\}$. Ознаки конкретного зображення порівнюються з ознаками кожного зі зразків зображень $C(j)$ і на основі критеріїв приймається рішення щодо того, збігається зображення зі зразком ($u(t) \in C(j)$), чи не збігається ($u(t) \notin C(j)$).

Одним із важливих питань під час створення такої системи розпізнавання зображень є питання про вибір набору ознак, які характеризують кожне конкретне зображення.

Друге важливе питання – вибір критеріїв, за якими відбувається порівняння ознак зображення і зразків та приймається рішення.

Правильний вибір ознак та критеріїв дозволяє суттєво зменшити об'єм пам'яті, потрібний для схову інформації про зображення, скоротити кількість операцій та час обчислень під час обробки та розпізнавання зображень.

Вибір ознак і критеріїв розпізнавання растрових графічних зображень з вимірною інформацією. Для отримання вхідного набору растрових графічних зображень використовується відеосигнал від зовнішнього джерела (відеокамера). Дискретизацію відеосигналу виконує пристрій формування відеозображень, який перетворює окремі кадри відеозображення у растрові графічні зображення та зберігає їх у вигляді графічних файлів на диску комп'ютера.

У результаті було отримано набір растрових графічних зображень розміром 320 x 240 точок та з 8-бітовою глибиною кольору (256 кольорів), які зберігаються в графічних файлах.

Під час обробки зображення цей файл перетворюється у 3 двовимірних масиви даних. Кожен масив відповідає одному з компонентів (червоний, зелений, синій) стандартної кольорової моделі RGB, побудованої на адитивному синтезі кольорів. Об'єм кожного масиву 320 x 240 байтів.

Для досліджень різних варіантів вибору ознак зображень і критеріїв їх розпізнавання була розроблена програма обробки та розпізнавання зображень.

Розглядалися такі варіанти набору ознак зображень:

1. Все растрове графічне зображення (3 двовимірних масиви довжиною по 320 x 240 байтів);
2. Колонка точок шириною в 1 точку та висотою, що дорівнює висоті зображення, з фіксованим положенням по горизонталі (3 масиви довжиною по 240 байтів);
3. Колонка точок шириною в 1 точку та вибором кожної 10 точки по висоті зображення (3 масиви довжиною по 24 байти);
4. Колонка точок шириною 4 точки та висотою, що дорівнює висоті зображення, з подальшим усередненням 4 точок по горизонталі (3 масиви довжиною по 240 байтів) відповідно до формули:

$$z_j = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^3 u_{(x+k)j}, \quad (3)$$

де $j = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$ – вертикальні координати точок зображення; $N = 240$ – висота зображення; x – горизонтальна координата фіксованого положення колонки точок.

Розглядалися такі варіанти вибору критеріїв порівняння ознак зображень:

1. Сума квадратів різниці ознак зображення і зразка

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} (z_j - z_j^{**})^2, \quad (4)$$

де R – результат порівняння; z_j – j -та ознака зображення; z_j^{**} – j -та ознака зразка; N – кількість ознак зображення;

2. Сума модулів різниці ознак зображення і зразка:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |z_j - z_j^{**}|. \quad (5)$$

Порівняння різних варіантів проводилося з точки зору мінімізації кількості обчислювальних операцій при обробці та розпізнаванні зображень за умови збереження якості розпізнавання (забезпечення суттєвої різниці результату порівняння R у випадках, коли зображення збігається зі зразком та коли не збігається).

Результати оцінки різних варіантів вибору ознак і критеріїв розпізнавання з точки зору кількості обчислювальних операцій наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Кількість обчислювальних операцій для різних варіантів розпізнавання зображень

Варіанти критеріїв порівняння	Варіанти набору ознак зображення			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
№ 1	460800/320403	1440/723	144/75	5040/723
№ 2	460800/3	1440/3	144/3	5040/3

Примітка: чисельник – кількість операцій типу додавання / віднімання; знаменник – кількість операцій типу множення / ділення

У результаті порівняння можна зробити висновок про те, що найбільш придатним для розпізнавання растрових графічних зображень є варіант, який використовує набір ознак № 2 та критерій порівняння № 2. Але виходячи з того, що растрове графічне зображення одержано в результаті захвату кадрів відеозображення та їх оцифрування, необхідно враховувати специфічні ефекти і викривлення, які виникають при цьому. Один з них – дрижання зображення на екрані монітору, викликане нестійкістю відеосигналу (наприклад, похибки синхронізації).

Тому найкращим варіантом у цьому випадку є використання набору ознак № 4 та критерію порівняння № 2. Ознаки зображення – колонка точок шириною 4 точки та висотою, що дорівнює висоті зображення, з подальшим усередненням по горизонталі, критерій порівняння – сума модулів різниці ознак зображення і зразка.

Приклад результатів роботи програми обробки і розпізнавання зображень наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Результати роботи програми обробки і розпізнавання зображень

№ зображення	Складова частина стандартної кольорової моделі RGB(колір)			
	червоний	зелений	синій	середнє
1	55,4	54,0	38,7	49,4
2	41,5	47,3	61,0	50,0
3	59,0	69,2	73,0	67,1
4	54,4	55,0	45,6	51,6
5	56,8	53,1	59,9	56,6
6	43,2	49,8	42,2	45,1
7	58,5	54,2	55,1	55,9
8	55,4	32,8	25,7	38,0
9	39,0	45,4	50,2	44,9
10	88,1	51,9	36,1	58,7
11	44,4	41,9	54,4	46,9
12	46,4	37,8	53,7	46,0
13	35,1	35,8	40,9	37,3
14	0,0	0,0	0,0	0,0
15	79,3	94,6	83,3	85,8
16	67,3	97,4	92,4	85,7
17	52,0	47,6	49,6	49,7
18	49,8	57,1	30,5	45,8
19	55,4	58,0	49,5	54,3
20	94,6	85,6	83,3	87,9
21	52,1	51,6	49,1	50,9

Примітка: діапазон значень кожної з ознак зображення 0–255

У цьому випадку оброблялося 21 растрове графічне зображення і порівнювалося зі зразком (зображення № 14). Порівняння виконувалося за трьома складовими частинами стандартної кольорової моделі RGB (червоний, зелений, синій) з наступним обчисленням середнього значення.

У результаті досліджень було проведено оцінку різних варіантів вибору ознак і критеріїв розпізнавання растрових графічних зображень з точки зору мінімізації кількості обчислювальних операцій.

Одержані результати можуть бути корисні при розробці різних систем пошуку, обробки та ідентифікації зображень (пошук заданого зображення в бібліотеці, виявлення заданих зображень у відеосигналі, що передається по телевізійних каналах тощо).

Дослідження процесу розпізнавання й ідентифікації відеозображень з вимірною інформацією у реальних умовах.

Важливою задачею під час комп'ютерної обробки візуальної (нетекстової) інформації є розпізнавання, ідентифікація і класифікація відеозображень, що представлені в різних форматах, в тому числі і у вигляді растрових графічних зображень. Виконаємо дослідження процесу розпізнавання й ідентифікації таких зображень у реальних умовах, тобто за наявності різних видів завад і викривлень, що виникають при введенні відеозображень у комп'ютер.

Якість розпізнавання й ідентифікації растрових графічних зображень залежить від величини викривлень у зображенні, які виникають у процесі його оцифрування і введення у комп'ютер. У свою чергу величина викривлень залежить від апаратного забезпечення і програмних засобів, що використовуються для введення відеозображень.

Сигнали YUV перетворюються в сигнали RGB (адитивна кольорова схема RGB – «червоний, зелений і синій колір»).

Перетворення аналогових сигналів YUV або RGB у цифрову форму виконує триканальний аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Дискретні відліки, що отримані від нього, надходять у запам'ятовуючий пристрій (ЗП), який має ємність, достатню для зберігання одного кадру відеозображення. Інформація про відеозображення у форматі кольорової схеми RGB надходить на відеоадаптер для забезпечення можливості попереднього перегляду відеозображення на екрані монітора комп'ютера.

Зображення із ЗП може бути записано на диск комп'ютера у одному зі стандартних графічних форматів. У випадку зберігання окремого кадру в файлі графічного формату (BMP, PCX, TGA, TIFF) використовується представлення відеосигналу і вмісту ЗП у вигляді 3-х компонентів кольорової схеми RGB, а у випадку зберігання рухомого відеозображення як послідовності кадрів у файлі формату AVI – у вигляді 3-х компонентів кольорової схеми YUV.

Основним джерелом викривлень у такій схемі введення відеозображень є АЦП, який має обмежену розрядність і частоту дискретизації [10].

У професійних апаратних засобах використовуються АЦП, що мають 10 і більше двійкових розрядів.

Таке зображення може бути збережено за допомогою відповідного програмного забезпечення, що поставляється разом з платою, в файлі графічного формату як кольорове растрове графічне зображення типу TrueColor (24 біти на точку зображення, 8 біт на кожен складову частину кольорової схеми RGB). У дослідженнях, які розглянуті в цій статті, використовувалися такі зображення, що містять 16 мільйонів (2^{24}) кольорових відтінків.

Другою важливою характеристикою є частота дискретизації АЦП і пов'язана з нею розподільча здатність плати введення відеозображень.

Інтервал між дискретними відліками відповідає горизонтальному розміру елемента зображення, який після оцифрування буде мати незмінну яскравість і колір, що суттєво впливає на якість отриманого растрового графічного зображення.

При введенні відеозображень у комп'ютер також може виникати ряд викривлень зображень, які пов'язані з різними принципами формування відеозображень і зображень на екрані комп'ютера.

При розв'язанні задач розпізнавання й ідентифікації растрових графічних зображень, як правило, необхідно отримати максимально можливе значення розрізнення відеозображення, яке вводиться у комп'ютер. Тому такий метод усунення черезрядкового зсуву застосовувати неможливо, і ці викривлення треба враховувати в процесі розпізнавання й ідентифікації зображень.

Для дослідження процесу розпізнавання й ідентифікації растрових графічних зображень була розроблена програма, яка розв'язує такі задачі:

1. Моделювання різних видів завад і викривлень, що виникають при введенні відеозображення у комп'ютер:

- адитивний шум, обумовлений похибками квантування під час оцифрування відеозображення;
- випадковий зсув окремих рядків зображення, обумовлений похибками синхронізації відеосигналу;
- черезрядковий зсув, обумовлений використанням у відеосигналі черезрядкової телевізійної розгортки;

2. Порівняння зображень, які містять завади і викривлення, з еталонним зображенням (зразком) за відповідним критерієм і визначення різниці між ними;

3. Забезпечення можливості виконання у автоматичному режимі дій з двох попередніх пунктів для набору відеозображень, які розташовані у певному місці на диску комп'ютера;

4. Відображення і збереження результатів моделювання викривлень і результатів порівняння зображень.

Як набір ознак, що характеризують конкретне зображення, використовувалася колонка точок шириною 4 точки і висотою, що дорівнює висоті зображення (240 точок), з подальшим усередненням даних 4 суміжних точок по горизонталі. Оскільки інформація про колір кожної точки становить набір із 3 чисел довжиною 1 байт (відповідно до кольорової схеми RGB), то у результаті отримуємо 3 масиви даних довжиною по 240 байтів кожний.

Усереднення по горизонталі виконується відповідно до формул:

$$\bar{R}_j = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^3 R_{(i+k),j}, \bar{G}_j = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^3 G_{(i+k),j}, \bar{B}_j = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^3 B_{(i+k),j}, \quad (6)$$

де $R_{(i+k),j}$, $G_{(i+k),j}$, $B_{(i+k),j}$ – червона, зелена і синя складова частина інформації про колір точки зображення; \bar{R}_j , \bar{G}_j , \bar{B}_j – середнє значення червоної, зеленої і синьої складової частини інформації про колір зображення для 4-х суміжних точок по горизонталі; $i+k$ – горизонтальна координата точки; j – вертикальна координата точки, $j = 0, 1, \dots, N-1$; $N = 240$ – висота зображення.

Як критерій порівняння Δ для визначення різниці між зображеннями, що досліджується, і зразком використовувалася сума модулів різниці ознак зображення і зразка відповідно до формул:

$$\Delta_R = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |\bar{R}_j - R_j^*|, \Delta_B = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} |\bar{B}_j - B_j^*|, \Delta = \frac{1}{3} (\Delta_R + \Delta_G + \Delta_B), \quad (7)$$

де R_j^* , G_j^* , B_j^* – елементи з набору ознак зразка (середнє значення червоної, зеленої і синьої складової частини інформації про колір для 4-х суміжних точок по горизонталі у зразку); Δ_R , Δ_G , Δ_B – різниця між зображеннями, що досліджується, і зразком для червоної, зеленої і синьої складової частини інформації про колір; Δ – загальна різниця між зображеннями, що досліджується, і зразком.

Враховуючи те, що кожна із 3-х складових частин інформації про колір точки займає 1 байт, можна виразити величину різниці Δ у відсотках таким чином:

$$\Delta\% = \frac{\Delta \cdot 100\%}{255}. \quad (8)$$

Наведений вище набір ознак і критеріїв забезпечує якісне розпізнавання растрових графічних зображень в ідеальному випадку, тобто, коли відсутні завади і викривлення, які обумовлені різними причинами, і є оптимальним з точки зору мінімізації кількості обчислювальних операцій.

При роботі з реальними зображеннями, що отримані в результаті оцифрування відеосигналу від зовнішнього джерела, виникає ряд викривлень, які можуть суттєво вплинути на процес розпізнавання і ідентифікації цих зображень. Звідси виникає задача оцінки впливу цих викривлень на якість розпізнавання й ідентифікації зображень, що і є безпосередньо темою досліджень, результати яких наведені у цій статті.

З метою дослідження впливу викривлень на процес розпізнавання і ідентифікації растрових графічних зображень у початкове зображення була шляхом програмного моделювання введена адитивна завада у вигляді випадкового шуму з рівномірним розподілом, яка відповідає похибкам квантування відеосигналу під час його введення у комп'ютер. Величина викривлень (рівень шуму) визначається у відсотках від максимально можливого значення 8-бітних RGB компонентів інформації про колір точки зображення, що дорівнює 255. Таким чином для 5-ти різних початкових зображень був отриманий ряд нових зображень, що відрізняються від початкових різною величиною викривлень.

Величина різниці між зображеннями, що були отримані в результаті моделювання, і початковими зображеннями визначалася відповідно до формул (7) і (8) і наведена на рисунку 2.

У наступному експерименті моделювався випадковий зсув зображення об'єкта вимірювань по горизонталі під час його формування, який обумовлений випадковими переміщеннями цього об'єкта в реальних умовах вимірювань. Максимальна величина зсуву визначається в точках зображення. Результати моделювання наведено на рисунку 3.

Результати дослідження регулярного зсуву досліджуваних рядків зображення, який обумовлений рухом об'єкта вимірювань в ході технологічного процесу, наведено на рисунку 4.

Результати дослідження спільної дії декількох викривлень (адитивна завада і зсув) наведено на рисунку 5.

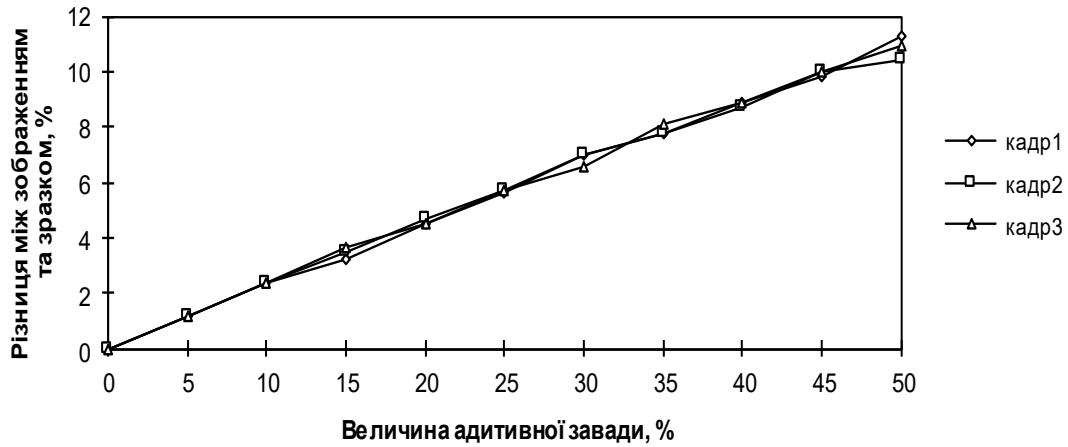


Рис. 2. Дослідження впливу адитивної завади на результат порівняння зображення і зразка



Рис. 3. Дослідження впливу випадкового зсуву об'єкта вимірювань на результат його порівняння зі зразком



Рис. 4. Дослідження впливу руху об'єкта вимірювань в ході технологічного процесу на результат порівняння зі зразком

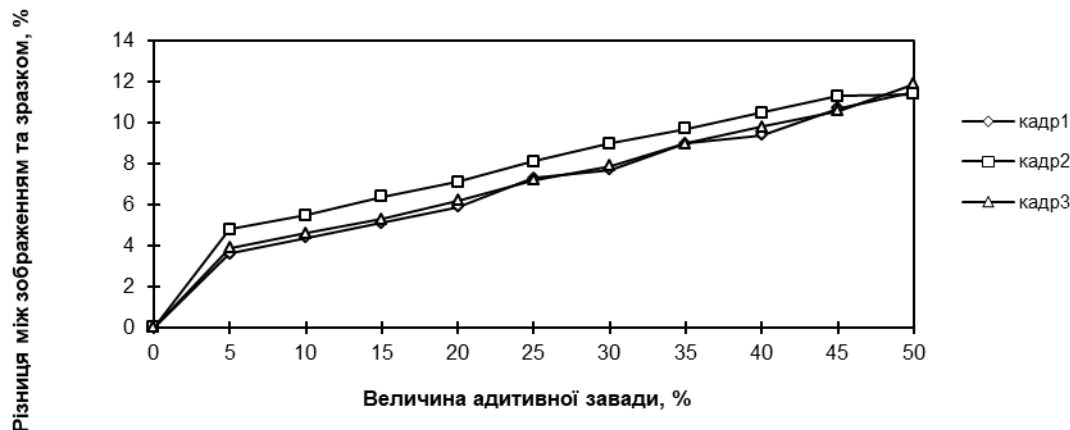


Рис. 5. Дослідження впливу адитивної завади і зсуву на 3 точки праворуч на результат порівняння зі зразком

Аналіз результатів дозволяє зробити такі висновки:

1. При помірних величинах викривлень, що виникають у процесі введення відеозображень у комп'ютер, забезпечується розпізнавання растрових графічних зображень за допомогою наведених вище процедур і критеріїв розпізнавання. Такі критерії оптимальні з точки зору мінімізації кількості обчислювальних операцій. Для підвищення якості розпізнавання й ідентифікації необхідне застосування більш складних методів, які потребують значно більших обсягів обчислювальних операцій. Наведені у цій статті критерії розпізнавання можуть бути використані для початкового відбору зображень, а потім для точної відповіді на питання щодо відповідності зразка мають використовуватися більш складні методи;

2. Апаратні засоби забезпечують необхідний рівень технічних характеристик для побудови системи аналізу цифрових відеозображень з вимірювальною інформацією. Для подальших досліджень і підвищення точності ідентифікації можливе залучення засобів на основі штучних нейронних мереж;

3. Виконано вибір ознак і критеріїв розпізнавання растрових графічних зображень з вимірювальною інформацією та досліджено процеси розпізнавання й ідентифікації відеозображень з вимірювальною інформацією у реальних умовах.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результати, що отримані під час досліджень, можуть бути корисними при створенні різноманітних систем розпізнавання й ідентифікації відеозображень, для аналізу цифрових відеозображень з вимірювальною інформацією та виявлення об'єктів вимірювань.

Список використаної літератури:

1. Претт У. Цифровая обработка изображений / У.Претт. – М. : Мир, 1982. – 792 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р.Гонсалес, Р.Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Burger W. Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques Springer-Verlag / W.Burger, M.J. Burge. – London, 2009, 273 p.
4. Коцюбинський В.Ю. Комп'ютерна графіка : навч. посіб. / В.Ю. Коцюбинський, О.Ю. Софіна, Л.М. Мельник. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 152 с.
5. Пічугін М. Комп'ютерна графіка : навч. посіб. / М.Пічугін, І.Канкін, В.Воротніков. – К. : Центр навчальної літератури, 2019. – 346 с.
6. Мельник О.П. Інженерна та комп'ютерна графіка : навч. посіб. / О.П. Мельник, А.В. Шевченко, М.П. Боцула. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 133 с.
7. Тменова Н.П. Комп'ютерна графіка : навч.-метод. посіб. / Н.П. Тменова. – Київ : КНУ ім. Т.Шевченка, 2017. – 111 с.
8. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кривецкий, А.К. Передрегов и др. ; под ред. Я.А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2003. – 592 с.
9. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Соифера. – 3-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2003. – 784 с.
10. Подчащинський Ю.О. Вимірювання параметрів руху об'єктів на основі комп'ютеризованої обробки відеозображень : монографія / Ю.О. Подчащинський. – Ж. : ЖДТУ, 2018. – 192 с.

References:

1. Pretti, U. (1982), *Tsifrovaya obrabotka izobrazhenii*, Mir, M., 792 p.
2. Gonsales, R. and Vuds, R. (2005), *Tsifrovaya obrabotka izobrazhenii*, Tekhnosfera, M., 1072 p.
3. Burger, W. and Burge, M.J. (2009), *Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques Springer-Verlag*, London, 273 p.
4. Кочубыньск'юж, V.Ю., Sofyna, O.Ю. and Mel'nyk, L.M. (2015), *Komp'yuterna grafika*, navc. posib., VNTU, Vinnycja, 152 p.
5. Pichugin, M., Kankin, I. and Vorotnikov, V. (2019), *Komp'yuterna grafika*, navch. posib., Centr navchal'noi literatury, K., 346 p.
6. Mel'nyk, O.P., Shevchenko, A.V. and Bocula, M.P. (2017), *Inzhenerna ta komp'yuterna grafika*, navch. posib., VNTU, Vinnycja, 133 p.
7. Tmjnova, N.P. (2017), *Komp'yuterna grafika*, navch.-metod. posib., KNU im. T.Shevchenka, Kyi'v, 111 p.
8. Furman, Ya.A., Krevetskii, A.V., Peredreev, A.K. et al. (2003), *Vvedenie v konturnyi analiz: prilozheniya k obrabotke izobrazhenii i signalov*, by Furmana, Ya.A. (ed.), 2-e izd., ispr., Fizmatlit, M., 592 p.
9. Soifera, V.A. (ed.) (2003), *Metody komp'yuternoi obrabotki izobrazhenii*, 3-e izd., ispr., Fizmatlit, M., 784 p.

Подчашинський Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.

Чепюк Ларіна Олексіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.

Воронова Тетяна Станіславівна – асистент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень;
- системний аналіз складних технічних систем.

Бендюкевич Катерина Володимирівна – студентка групи МТ-2 Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень.

Засць Дар'я Андріївна – студентка групи МТ-2 Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні системи;
- цифрова обробка сигналів і відеозображень.

Podchashinskiy Yu.O., Chepiuk L.O., Voronova T.S, Bendiukevych K.V., Zaiets D.A.

Analysis of digital video images with measurement information and detection of measurement objects

The article investigates options for selecting features and criteria for pattern recognition for processing and identifying raster graphic images obtained as a result of digitizing video images with measurement information. Optimal choices are determined from the point of view of minimizing the number of computational operations. Another important task in the computer processing of visual (non-text) information is the recognition, identification and classification of video images presented in different formats, including in the form of raster graphic images. When working with real video images with measurement information obtained as a result of inputting a video signal into a computer from an external source, a number of distortions occur that can have a significant impact on the process of recognition and identification of these images. This raises the problem of assessing the impact of these distortions on the quality of recognition and identification of images with measurement information. The quality of recognition and identification of raster graphic images depends on the amount of distortion in the image with measurement information that occurs in the process of its digitization and input into a computer. In turn, the amount of distortion depends on the hardware and software used to input video images with measurement information.

Keywords: digital video image; measurement information; pattern recognition; identification; video signal.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2022