

УДК 621.397:331.015

## ВЛАСТИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ В ТЕКСТОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ОБРОБКИ ЗОРОВИХ ОБРАЗІВ

© Камінський Р., 2003

*Розглянуто особливості та властивості малорозмірних об'єктів, запропоновані означення – критерії, за якими об'єкт може бути віднесений до класу малорозмірних, показано значення і роль кутових ознак для опису таких об'єктів у тестових зображеннях.*

*It is considered features and properties small-size objects, definitions - criteria of reference of object to a class small-size are offered, value and a role of angular features for the description of such objects in test images is shown.*

### Вступ

Сьогодні серед задач розпізнавання образів дуже рідко виділяється клас задач виявлення і розпізнавання об'єктів, розміри яких практично порівняльні з розмірами структурних елементів поля картини на екрані монітору. Особливістю цього роду задач є те, що застосування деяких методів попередньої обробки та фільтрації, призначених для усунення різного типу дрібних завод та елементів шуму, у випадку зображень з такими об'єктами є неприпустимим, оскільки можуть бути знищені шукані потрібні об'єкти. До таких задач можна віднести також і задачі розпізнавання точкових об'єктів, про які йде мова в роботі [1], коли певним чином локалізовані групи точок є об'єктами пошуку і розпізнавання. Такі задачі є досить частими в астрономії, геоінформаційних системах, екології, медицині, фізиці високих енергій тощо. Загальною проблемою таких задач є розробка спеціальних алгоритмів для автоматичних розпізнавальних систем, систем технічного зору та алгоритмів попередньої обробки зображень для автоматизованих систем, а також дослідження процесів розпізнавання таких об'єктів людиною-оператором.

Основною ознакою складності цієї проблеми є відсутність чітко окресленого поняття малорозмірного об'єкта, за допомогою якого можна було б виділити такі об'єкти в окремий клас, тобто існує потреба в розробці як понять, так і критеріїв віднесення об'єктів до класу малорозмірних. Вирішення цього питання дало б змогу встановити відповідні обмеження, які при врахуванні їх в алгоритмах розпізнавання забезпечили б високу достовірність та ефективність розв'язку відповідних задач розпізнавання.

Визначення кількісних оцінок ефективності та якості різноманітних автоматичних та автоматизованих систем розпізнавання зорової інформації, а також якості їх

функціональних алгоритмів є одним з найбільш загальних і актуальних завдань взаємодії людини і комп'ютера. Одним з підходів до вирішення цих проблем є створення спеціальних, метрологічно забезпечених, адекватних реальним ситуаціям тестових зображень. Метрологічність тут розглядається, як забезпечення отримання кількісної оцінки характеристик цього зображення, з одного боку, а з другого – можливістю впорядковувати такі зображення за ступенем складності їх розпізнання, створивши в такий спосіб метрологічну методологію та набори відповідних шкал складності розпізнавання об'єктів заданого класу.

Поділ вхідної тестової інформації за ступенем складності дозволяє виявити характер функціональних зв'язків між ступенем складності розпізнаваних зображень-тестів та вихідною інформацією – отриманими розв'язками на підставі результатів їх розпізнавання, що є важливим при вирішенні практичних задач за допомогою експериментальних досліджень, залежно від внутрішніх параметрів системи розпізнавання, зовнішніх параметрів навколишнього середовища та перешкоджаючих факторів в модельованих ситуаціях.

Для цього в першу чергу необхідно вирішити ряд локальних задач, однією з яких є кількісна оцінка об'єктів розпізнавання, фону і шуму. Тобто загальна оцінка такого тестового зображення  $V = V(\omega_i, \varphi_{mk}, \lambda_{gb})$  повинна визначатися кількісними значеннями розпізнавальних параметрів заданих об'єктів  $\omega_i \in \Omega$ , де  $\Omega$  – клас об'єктів,  $\omega_i \in \Phi$ , де  $\Phi$  – множина фонів,  $m = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, K}$ , відповідно статистичні параметри та структурні характеристики фону,  $\lambda_{gb}$  – шумові поля з проградуйованою інтенсивністю, з відомим розподілом центрів елементів шуму, їх формою та величиною, а також законом взаємодії з зображенням шуканого об'єкта, для якого визначено простір розпізнавальних ознак, які накладені на зображення картини з даним об'єктом.

Аналіз літературних даних засвідчує поступове зростання числа публікацій, присвячених проблемі тестування, розробки спеціальних сценаріїв для оцінювання якості функціонування різних систем та об'єктів, експериментального дослідження процесів пошуку та виявлення заданого класу об'єктів.

Більшість тестових зображень за своїм характером відтворюють реальні ситуації пошуку, виявлення і впізнання заданих об'єктів, розміри яких є значно меншими від розмірів зображення, практично співмірні з дрібними та дуже дрібними деталями елементів фону та шуму і загалом їх площа при довільній чи строго визначеній конфігурації не перевищує декількох десятків пікселів. Розпізнавання малорозмірних об'єктів в умовах шуму розглянуто в роботі [2], в якій малорозмірним вважають об'єкт, за площею значно менший від площі зображення.

Такі об'єкти з точки зору побудови робочих словників та алгоритмів розпізнавання мають деякі особливості, які необхідно враховувати, наприклад, застосування афінних перетворень.

Метою роботи є визначення поняття малорозмірного об'єкта та експериментально-теоретичне дослідження властивостей, особливостей, кількісних та якісних характеристик об'єктів, суттєво менших за розміром порівняно з розмірами елементів та фрагментів фону при їх використанні в тестових зображеннях та як стилізованих зображень реальних об'єктів пошуку заданого класу.

## Поняття малорозмірного об'єкта

Переважне використання в системах розпізнавання цифрових моніторів, на відміну від неперервно-дискретних (телевізійних), зумовлене в першу чергу тим, що в широко використовуваних комп'ютеризованих системах, створених на базі персональних комп'ютерів, цифрові монітори мають значно більшу роздільну здатність (для телесистем вона обмежена кількістю рядків у кадрі або формою елемента), вони допускають строге матричне представлення, в них легко програмно керувати яскравістю та кольором довільного пікселя, крім того, можна регулювати роздільну здатність екрана та масштабувати зображення чи виділені його фрагменти.

При збільшенні розмірів зображень об'єктів імовірності їх виявлення і розпізнавання суттєво зростають. Імовірність виявлення також зростає, коли елементи шуму і завад є значно меншими або більшими (і не закривають об'єкт) від об'єкта пошуку, а їх інтенсивність та яскравість є відносно невеликими. У випадку зображень об'єктів дуже малих розмірів, співмірних з твірними елементами фону та шуму, якщо вони не виділяються окремим кольором або значною інтенсивністю забарвлення, наприклад, як бінарні зображення, розпізнати їх дуже важко, а інколи без спеціальних підходів практично неможливо. А тому в сенсі означення поняття малорозмірності виникає ряд питань.

- Які об'єкти слід вважати малорозмірними, як характеризувати малі і дуже малі за розміром протяжні об'єкти, об'єкти випадкової або регулярної форми, а також – зі складною конфігурацією форми.
- Як опрацювати такі об'єкти, щоб отримати кількісні їх характеристики, визначити для них важливі розпізнавальні ознаки, встановити для них інваріантні ознаки.
- Якими кількісними та якісними показниками можна їх описати і як ці кількісні та якісні показники залежать від їх розмірів і змінюються при їх масштабуванні.

Наприклад, зображення на ярличку комп'ютерного об'єкта "Малювання", зображеного на рис. 1а, має розмірність  $16 \times 16$  пікселів і при розмірі екрана  $1156 \times 864$  піксели воно є у 3901.5 раза меншим від екрана, проте це зображення, очевидно, відповідає певним ергономічним стандартам фірми і цілком нормально впізнається серед подібних в широкому діапазоні яскравостей, контрасту та в оточенні вікон, тексту та іншої візуальної інформації.

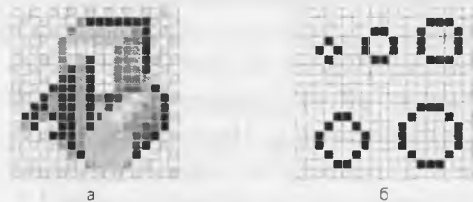


Рис. 1. Зображення ярличка комп'ютерного об'єкта "Малювання" (а) та еволюції кола (б)

Як інший приклад розглянемо еволюцію кола від мінімального його можливого зображення, яке дуже віддалено нагадує коло, до такого його розміру, при

якому його зображення впевнено розпізнається як коло, як показано на рис. 1б.

Тому стає зрозумілим, що точне визначення малорозмірного об'єкта тісно пов'язане з предметною сферою та особливостями фізичного відтворення реальної ситуації системою візуалізації, у даному випадку "камера – монітор". Наприклад, в роботі [2] під малорозмірним об'єктом розуміють об'єкт спостереження, площа зображення

якого значно менша, ніж загальна площа аналізованого зображення і не перевищує зазвичай декількох десятків – сотень елементів розкладу – пікселів. При такому трактуванні поняття малорозмірності до малорозмірних зображень об'єктів можна відносити зображення таких об'єктів лише у межах певної домовленості, в якій чітко визначені і обумовлені відповідні їх характеристики.

У цій роботі пропонується для означення поняття і терміну "малорозмірний об'єкт", з метою уникнення кожного разу відповідних домовленостей та критеріїв віднесення даного зображення об'єкта до класу "малорозмірних об'єктів" використовувати будь-яке з таких трактувань цього поняття, а саме, якщо:

- відношення кількості пікселів площі об'єкта до кількості пікселів, якими виділяють його контур, не перевищує деякої величини, наприклад двох; тоді для об'єкта розміром  $3 \times 3$  піксели маємо відношення  $S_{об}/P_{об}^* = 9/8 = 1.125$ , а для об'єкта розміром  $7 \times 7$  маємо  $S_{об}/P_{об}^* = 49/24 = 2.042$ , тобто всі об'єкти, для яких це відношення є меншим за 2, вважаємо малорозмірними.

Нехай граничні з фоном піксели об'єкта утворюють 8-зв'язну лінію контуру [3], а площею об'єкта вважатимемо площу всіх решти пікселів, що не граничать з фоном і позначимо кількість пікселів контуру через  $n_{конт}$ , а кількість пікселів обмеженої ним області через  $n_{внутр}$ , тоді, якщо:

- кількість пікселів контурної лінії об'єкта перевищує кількість пікселів області, обмеженої нею, об'єкт можна віднести до класу малорозмірних, наприклад, для об'єкта розміром  $3 \times 3$  піксели маємо для контурної лінії кількість пікселів  $n_{конт} = 8$ , а кількість пікселів обмеженої нею області  $n_{внутр} = 1$ , отже  $n_{конт} > n_{внутр}$  і такий об'єкт відносимо до класу малорозмірних, проте, для об'єкта  $6 \times 6$  -  $n_{конт} = 16$  і  $n_{внутр} = 16$  і  $n_{конт} = n_{внутр}$ . Цей граничний випадок легко розв'язується при використанні нестрогої нерівності – "не перевищує", тобто  $n_{внутр} \leq n_{конт}$ . Для об'єкта  $7 \times 7$  маємо  $n_{конт} = 20$ ,  $n_{внутр} = 25$  і  $n_{внутр} > n_{конт}$  і цей об'єкт вже не включаємо в клас малорозмірних.

Як критерій малорозмірності можна також використати значення коефіцієнта компактності форми об'єкта – відношення периметра до площі, яке не перевищує заданого значення. Проте при використанні цього критерію необхідно вказати, яким є значення коефіцієнта компактності форми і якими методами та з якою точністю визначено периметр і площу об'єкта.

Наведені означення не підходять для протяжних об'єктів та ліній, які не мають площі обмеженої контуром, а також для протяжних об'єктів значних розмірів. В останньому випадку вказані умови можуть виконуватись. Наприклад, об'єкт "прямокутник" з сторонами  $n \times 3$  має контур  $2n + 2$  і площу  $3n$ , і тоді відношення  $3n/(2n + 2) = 3n/(2n + 1)$  при  $n = 1$  дорівнює 0,75, а при  $n \rightarrow \infty$  наближається до 1,5. Тому є доцільним накласти ще одну умову, а саме, на співвідношення сторін прямокутної області покриття об'єкта. З точки зору найкращого сприйняття візуальної інформації є область прямокутної форми зі співвідношенням сторін за "золотою пропорцією" –  $0,382 \times 0,618$ , яка торкається граничних точок об'єкта не менше ніж трьома сторонами.

Очевидно, що приведені означення малорозмірного об'єкта характеризують клас досить малих (за кількістю пікселів) об'єктів, але всі вони забезпечують конкретне порогове значення класифікації незалежно від конфігурації форми об'єкта. При ство-

ренні гіпотетичних тестових зображень, наприклад рідкісних аврійних або надзвичайних ситуацій, на яких необхідно виявити і розпізнати об'єкти заданого класу, невелика кількість пікселів (яка забезпечується критерієм малорозмірного об'єкта) дозволяє утворити досить нечисленний набір бінарних об'єктів, серед яких зображенням реальних об'єктів пошуку буде відповідати ще менший набір. Проте у випадку кольорових зображень цей набір може бути значно розширений за рахунок комбінації кольорів.

У практиці побудови тестових зображень, особливо зв'язаних з моделюванням аерознімків, мікротріщин, об'єктів мікросвіту, необхідно враховувати співвідношення між малорозмірними об'єктами уваги та мінімальними розмірами і формою елементів фону чи шуму, оскільки в таких ситуаціях об'єкт може представлятися лише одним пікселом, і тоді його пошук вимагає додаткової інформації про його можливу локалізацію та специфічний характер оточення, а сам результат його виявлення і розпізнання буде характеризуватися ймовірнісними показниками.

### Основні ознаки малорозмірного об'єкта

У системах технічного зору роботів [4] використовується досить "груба" решітка (великий крок дискретизації), в результаті чого форми об'єктів стають грубими. Як ознаки розпізнавання тут використовують периметр, корінь квадратний з площі, мінімальний і максимальний радіуси, компактність контура, а також радіальні ознаки [5]. У випадку малорозмірних об'єктів за рахунок обмеження розмірів і кількості структурних елементів, що утворюють зображення малорозмірного об'єкта маємо щось подібне – об'єкт утворений ніби великими блоками, а тому можна використовувати саме такі ж ознаки і для розпізнавання, а при створенні тестів використовувати їх для повного опису параметрів тесту. Проте і тут є певного роду особливості при їх використанні.

Оскільки форма малорозмірних бінарних об'єктів переважно є досить компактна і наближається до прямокутної з мінімальною різницею в розмірах суміжних сторін, основними їх ознаками є зовнішні і внутрішні кути. Вид кутових ознак представлений на рис. 2 на прикладі зображення прямокутника з отвором. Нумерація ознак позначена навпроти кутів, які виділені сусідніми пікселами фону і об'єкта.

Ці ознаки визначають за допомогою предиката [6] виділення ознак, що містить вісім матриць розмірності  $2 \times 2$ , в яких 1 відповідає кольору об'єкта, а 0 – кольору фону:

Зовнішні	$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$
кутові ознаки				
Внутрішні	$\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$
кутові ознаки				

Кутові ознаки є найбільш важливими інформативними ознаками, оскільки через малий розмір об'єктів і невелику кількість пікселів дуже важко передати різного типу кривизну конфігурації контуру.

Позначимо:  $z$  – кількість пікселів зовнішнього контуру, а  $v$  – кількість пікселів внутрішнього контуру. Тоді для об'єктів, наведених на рис. 3, матимемо такі співвідношення кількості пікселів зовнішнього та внутрішнього контурів.

### Характеристика ознак бінарних об'єктів

Бінарне представлення об'єктів на тестових зображеннях використовує як основні розпізнавальні ознаки геометричні характеристики зображень цих об'єктів, а саме: форму, площу, периметр, орієнтацію, центр ваги, радіальні ознаки [5] – точки контуру в полярній системі координат з центром в центрі ваги об'єкта, визначені при круговій розгортці радіуса-вектора з постійним або довільним кутом, причому як ознаку розглядають коефіцієнт варіації радіуса вектора, тобто відношення математичного сподівання величини цього радіуса-вектора до середньоквадратичного відхилення.

Безпосереднє використання деяких з цих ознак для малорозмірних об'єктів є, в певному сенсі, проблематичним, оскільки при невеликих розмірах цих об'єктів, коли точність вимірювання визначається кроком дискретизації і на кожному її кроці та чи інша ознака може не проявитись. Тому не всі ці ознаки використовуються при побудові робочого словника ознак для формування наборів специфічних (локальних, властивих даним об'єктам) та спеціальних (складених з окремих локальних або певним чином сконструйованих) ознак, що характеризують основні розпізнавальні ознаки.

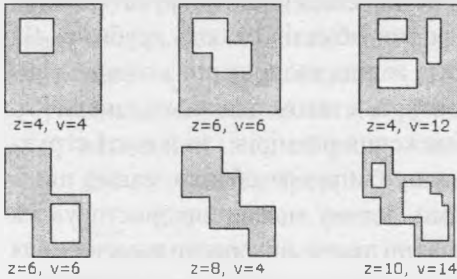


Рис. 3. Співвідношення кількості пікселів зовнішнього та внутрішнього контурів

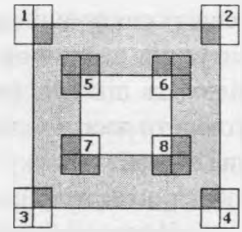


Рис. 2. Виділення зовнішніх (1 – 4) та внутрішніх (5 – 6) ознак

До ознак бінарного зображенні відносять лише ті ознаки, які в основному характеризують форму об'єктів. Прикладами таких ознак є зовнішні та внутрішні кутові ознаки, відрізки ліній, рідше кола, заокруглення, лінії своєрідної форми, отвори тощо. Фіксована послідовність таких ознак вздовж лінії контуру, яка однозначно характеризує об'єкт і є його описом (повним або частковим робочим словником) забезпечує високу достовірність розпізнавання навіть у тому випадку, коли окремі фрагменти контуру знищені завадами.

Важливе значення для характеристики об'єктів розпізнавання мають інваріантні ознаки, тобто такі, які переважно характеризують геометричні співвідношення у формі об'єкта та його спектральні складові і не змінюються від різноманітних, насамперед афінних перетворень його зображення. Тому важливою задачею не лише для розпізнавання, але і для конструювання тестових зображень, є знаходження певних співвідношень та властивостей об'єктів, які є інваріантними ознаками. Відповідність між такими ознаками для реального і модельованого (стилізованого) зображень об'єкта суттєво підвищує адекватність сценаріїв тестових зображень до реальних ситуацій. В першу чергу до них можна віднести послідовність специфічних особливостей фрагментів контуру, які виявляються при проходженні вздовж контуру. Однакові фрагменти контуру

можуть мати різні об'єкти, але конкретну їх послідовність – лише один. Для визначення послідовності таких фрагментів використовують центр ваги об'єкта, з якого послідовними кроками, змінюючи кут нахилу, як при круговій розгортці, проводять вектори до перетину з лінією контуру і фіксують особливості контуру в точках перетину, проте у випадку малорозмірних об'єктів більш ефективним є звичайний обхід контуру. Важливою властивістю інваріантності ознак об'єкта є спектральний склад його зображення.

До інваріантних ознак можна віднести таку досить поширену ознаку як компактність контуру  $Q_{\text{конт}}$  [7]. Саме ця ознака є найбільш проста для кількісної характеристики об'єктів пошуку на тестових зображеннях, оскільки певною мірою узагальнює конкретні об'єкти і фактично є достатньою для їх розподілу на класи. Розглянемо її властивості більш докладно.

Для визначення компактності контуру  $Q_{\text{конт}}$  використовують відношення

$$Q_{\text{конт}} = \frac{L_{\text{конт}}}{\sqrt{S_{\text{конт}}}}, \quad (1)$$

де  $L_{\text{конт}}$  – довжина контуру,  $S_{\text{конт}}$  – площа об'єкта, обмежена даним контуром.

У роботі [8] розглядається аналогічний показник, в якому замість довжини контуру фігурує периметр і зазначено, що для об'єктів (в тексті – острів) різних розмірів відношення довжини периметра до кореня квадратного з площі, у випадку коли конфігурація його форми не є фрактальною, не залежить від розмірів об'єкта. Отже, ця ознака за певних умов (відсутність фрактальності) є інваріантною ознакою. Фрактальність є характеристикою зрізаності форми, тому для малорозмірних об'єктів складної конфігурації, при великій кількості кутових ознак цей показник слід ретельно проаналізувати.

Зауважимо, що поняття інваріантності, яке проявляється у випадку великих об'єктів, для малорозмірних об'єктів деякою мірою втрачається, оскільки різко проявляються такі характеристичні властивості.

1. При поворотах малорозмірних об'єктів на довільні кути різко спотворюється їх форма, прямі лінії при нахилах відображаються сходинками, в результаті різко зростає кількість кутових ознак, тобто повороти можливі лише на кути  $\pm\pi/2$ ,  $\pm\pi$ ,  $\pm 3\pi/2$ .
2. На малорозмірних об'єктах складно відобразити криволінійні форми.

### Поняття і визначення периметра плоского бінарного об'єкта

У співвідношенні (1) і в загальному представленні величина  $L_{\text{конт}}$  як довжина контуру може мати подвійне значення: по-перше, як довжина лінії, що відображає конфігурацію форми об'єкта, тобто його контуру, і, по-друге, як периметр області, визначеної формою даного об'єкта.

У першому випадку конфігурацію форми об'єкта можна передати практично з однаковою точністю, використовуючи граничні піксели як самого об'єкта, так і межуючі з об'єктом піксели фону. Для великих за розмірами об'єктів, площа яких становить порядку  $10^3 \div 10^5$  пікселів відмінностями між виділеними в такий спосіб контурними лініями можна знехтувати. Проте для малорозмірних об'єктів відмінності між периметром і контурними лініями, утвореними пікселами об'єкта або фону, є суттєвими.

Введемо поняття периметра та зовнішнього і внутрішнього контурів малорозмірного бінарного об'єкта на решітці інформаційного поля монітора, які, на відміну від більш загальних понять, наведених в [9] та [10], є цілком достатніми у випадку розробки тестових зображень для опису характеристик малорозмірних об'єктів завдяки невеликій кількості пікселів та спрощеним формам самих об'єктів.

*Означення 1.* Периметр бінарного об'єкта на решітці інформаційного поля монітора визначається сумою довжин тих сторін пікселів об'єкта, які межують з фоном.

*Означення 2.* Внутрішнім контуром бінарного об'єкта на решітці інформаційного поля монітора називається послідовність межуючих з фоном пікселів об'єкта, які утворюють 8-зв'язну контурну лінію в сенсі [3].

*Означення 3.* Зовнішнім контуром бінарного об'єкта на решітці інформаційного поля монітора називається послідовність межуючих з об'єктом пікселів фону, які утворюють 8-зв'язну контурну лінію в сенсі [3].

На рис. 4 зображено об'єкт та його зовнішній та внутрішній контури. За наведеним вище означенням цей об'єкт належить до малорозмірних, в чому легко переконатись, підрахувавши піксели контурної лінії та області, нею обмеженої на рис. 4в. Значення периметра цього об'єкта за рис. 4а становить  $P = 90$  одиниць, що дорівнюють стороні піксела. Зовнішній контур на рис. 4б, виділений пікселами фону, має у довжину 66 пікселів, а внутрішній контур на рис. 4в, виділений пікселами об'єкта, має у довжину 54 піксели.

Поняття малорозмірності при побудові тестових зображень для оцінювання ефективності систем та алгоритмів розпізнавання означає, що малорозмірні об'єкти позбавлені багатьох характеристичних ознак, властивих реальним об'єктам та об'єктам, які значно перевищують їх за розмірами. Наприклад, кола, заокруглення, нелінійності, а також, порівняно з розмірами об'єкта, дрібні деталі при малорозмірному представленні втрачаються, а конфігурація форми об'єкта може досить суттєво змінитися, практично повністю втратити свою ідентичність.

У тестових зображеннях може бути передбачено виявлення об'єкта та збільшення його зображення або виділеного фрагмента з цим об'єктом не за рахунок збільшення розмірів піксела, а за рахунок попереднього стиску цього зображення. Таке зображення чи такий фрагмент зберігаються окремими файлами, а відкривають їх спеціальною програмою, яка може входити в загальне програмне забезпечення відповідного тренажера. Проте це вже інша задача.

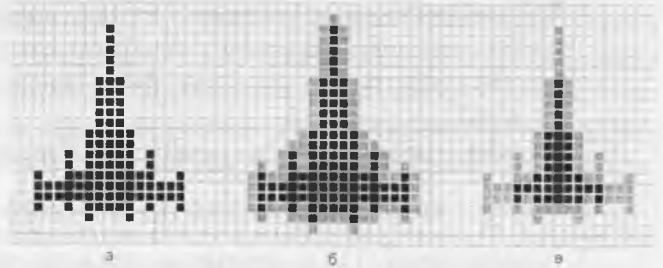


Рис.4. Зображення малорозмірного об'єкта (а) та його зовнішньої (б) та внутрішньої (в) контурних ліній

При використанні малорозмірних об'єктів в сенсі даного визначення необхідно ретельно враховувати такий момент, як повороти на кути, не кратні  $\pi/2$ . Оскільки малорозмірні об'єкти утворено незначною кількістю пікселів, то при поворотах зміна їх взаємного розміщення на решітці може суттєво змінюватись вже при поворотах на досить невеликі кути. Поняття невеликого кута означає, що при нахилі лінії стає схід-



частою, тобто пряма лінія, проведена під кутом на прямокутній решітці, може бути наведена рівно- або різновеликими відрізками, паралельними до осей координат, змішеними один відносно одного на один рядок. Структуру таких ліній наведено в роботі [11]. При поворотах може також відбутися розрив тонких ліній і буде втрачена зв'язність форми об'єкта.

### Висновок

У роботі проаналізовано поняття малорозмірного об'єкта з точки зору задач розпізнавання зображень для використання їх в тестових зображеннях з метою більш адекватного відтворення реальних ситуацій або спеціально розроблених гіпотетичних ситуаціях, призначених для оцінювання ефективності, продуктивності та достовірності роботи алгоритмів, автоматичних та автоматизованих систем обробки візуальної інформації, а також для використання їх в психофізичних дослідженнях процесів пошуку та сприйняття об'єктів заданого класу в умовах дії шуму і завад.

Запропоновано і обґрунтовано означення та критерії, за якими об'єкт може бути віднесений до класу малорозмірних, а саме: об'єкт можна вважати малорозмірним, якщо кількість пікселів зображення у виділеній ними лінії контура об'єкта перевищує кількість решти пікселів цього об'єкта або якщо відношення кількості пікселів лінії контура до площі об'єкта, ним охопленої, є меншою від наперед заданої величини. Крім того, показано, що як такий критерій можна використати деяке порогове значення коефіцієнта компактності форми об'єкта. Завдяки чіткому поділу об'єктів за розміром конкретизується задача тестування, зокрема систем розпізнавання малорозмірних об'єктів, більш коректно формується поріг для оцінювання достовірності розпізнавання малорозмірних об'єктів при заданому рівні інтенсивності та розмірів елементів шуму та завад, забезпечується здатність порівняння результатів тестувань в різних системах розпізнавання та їх результатів, отриманих різними дослідниками.

Дослідження властивостей та особливостей ознакового простору малорозмірних об'єктів показує, що у випадках поворотів об'єктів відносно центра ваги на довільні кути різко змінюється їх форма, швидко зростає кількість кутових ознак, тому для тестових зображень ситуацій з малорозмірними об'єктами повороти таких об'єктів пошуку можна робити лише на кути, кратні  $\pi/2$ . При відсутності симетрії форми об'єкта повороти на кути, кратні  $\pi/2$  забезпечують чотири орієнтації положення об'єкта, а при дзеркальному його відображенні ще чотири орієнтації, що при побудові статистично однорідних (з однаковими статистичними характеристиками) тестових зображень суттєво урізноманітнює їх при однаковому візуально-інформаційному навантаженні на систему сприйняття.

Запропоноване визначення периметра об'єкта дає точну оцінку його величини в одиницях розмірів пікселів, оскільки враховує саме довжину границі, що розділяє область об'єкта від фону. В технічних системах зору, коли відстань між реальним об'єктом і фокусом об'єктива камери та розмір решітки (кроку дискретизації) монітора відомі або можуть бути визначені, такий підхід дозволяє з такою ж точністю визначити периметр та інші геометричні розміри реального об'єкта. попередньо визначивши коефіцієнт передачі лінійних розмірів системою. Показано, що довжини (в кількостях пікселів) зовнішнього і внутрішнього контурів завжди є меншими за величину периметра, а тому

при визначенні коефіцієнта компактності контура необхідно використовувати значення периметра.

1. Исакова Л.К., Молотова А.Ю., Шукун И.В. Исследование некоторых особенностей восприятия точечных изображений // Автометрия. – 1985. – №4. – С. 94 – 96.
2. Меденников П.А., Павлов Н.И. Обнаружение малоразмерных объектов на текстурном изображении // Оптический журнал. – Т. 70. – 2003. – № 4. – С. 82 – 86.
3. Семенов О.И., Абламейко С.В., Берейшик В.И., Старовойтов В.В. Обработка и отображение информации в растровых графических системах. – Минск: Наука и техника, 1989. – 181 с.
4. Жаботинский Ю.Д., Сердцев А.А. Системы технического зрения для промышленных роботов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1985. – № 12. – С. 23 – 33.
5. Haralick R.M. A Measure for Circularity of Digital Figures // IEEE Trans. Syst., Man., Cybern., July, 1974. pp. 394 – 396.
6. Камінський Р.М. Підхід до побудови шкали складності розпізнавання зображень об'єктів в людино-машинних системах // Інформаційні технології і системи. – Т. 5. – 2002. – № 1–2. – С. 132 – 139.
7. Кориков А.М., Сырякин В.И., Титов В.С. Корреляционные зрительные системы роботов. – Томск: Радио и связь, 1990. – 264 с.
8. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
9. Петунин Ю.И., Шульдешов Г.А. Вычисление периметра плоской фигуры по ее дискретизованному изображению // Кибернетика. – 1986. – № 2. – С. 1 – 7.
10. Генкин В.Л., Ерш И.Л., Москалев Э.С. Системы распознавания автоматизированных производств. – Л.: Машиностроение, 1988. – 246 с.
11. Фролов С.А. Кибернетика и инженерная графика. – М.: Машиностроение, 1967. – 200 с.

**О.Гарасимчук, В.Максимович**

Національний університет "Львівська політехніка"

УДК 681.3

## ОЦІНКА ЯКОСТІ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ПУАССОНІВСЬКОГО ІМПУЛЬСНОГО ПОТОКУ

© Гарасимчук О., Максимович В., 2003

*Досліджено кілька алгоритмів формування випадкових імпульсних потоків за законом розподілу, близьким до пуассонівського. Графічно наведено відносну похибку  $\delta$  та оцінку за допомогою статистичного критерію  $\chi^2$ .*

*Some algorithms of random pulse stream formation, that has close to Poisson distribution law, are researched. The graphic expression of relative error  $\delta$  and estimation through statistical criterion  $\chi^2$  are represented.*

### 1. Постановка проблеми

Сьогодні апаратні і програмні генератори випадкових та псевдовипадкових імпульсних послідовностей широко використовуються у вимірjuвальній, обчислювальній та інших галузях техніки, а також в біологічних, медичних і військових дослідженнях.