

## ОПТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ КОСМІЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

к.т.н. Ю.В. Паржин  
(подав проф. А.В. Корольов)

*Розглядається підхід до розпізнавання контурних зображень повітряних об'єктів засобами космічного спостереження на основі визначення елементів структури зображень, побудови денотативної та концептуальної структури контурів об'єктів, що розпізнаються.*

**Постановка проблеми.** Система контролю повітряного простору та забезпечення безпеки повітряного руху вимагає великих матеріальних витрат для свого утримання, значної кількості новітніх технічних засобів радіолокаційного спостереження та обслуговуючого персоналу з високим фаховим рівнем. Все це стає дедалі проблематичним у зв'язку з недостатнім фінансуванням розвитку цієї системи, використанням застарілого обладнання та руйнуванням її інфраструктури. Альтернативою існуючій системі контролю повітряного простору може стати система космічного спостереження за повітряними об'єктами за допомогою засобів оптичного розпізнавання космічних апаратів, що знаходяться на геостаціонарних орбітах. Але для цього необхідно вирішити проблему розпізнавання контурних зображень повітряних об'єктів.

**Аналіз літератури.** Існуючі системи розпізнавання зображень, як правило, реалізують три основні принципи розпізнавання [1]:

- принцип перелічення членів класу;
- принцип загальності властивостей;
- принцип кластеризації.

Метод перелічення членів класу працює задовільно, якщо вибірка образів близька до ідеальної. У тих випадках, коли класи складаються з великої кількості елементів і кожен елемент описується значеннями великої кількості ознак, реалізація цього принципу є нетривіальною і призводить до необхідності вирішувати складні математичні задачі [2].

Коли образи деякого класу представляють собою вектори, компонентами яких є дійсні числа, цей клас можна розглядати як кластер і

виділяти тільки його властивості у просторі образів кластеру. Побудування систем розпізнавання, що ґрунтуються на реалізації цього принципу, визначається спільним просторовим розташуванням окремих кластерів, інтерпретація та обробка яких викликає великі труднощі при розпізнаванні зображень.

Основною проблемою при реалізації принципу загальності властивостей є пошук для деякого класу образів повного набору розрізняючих ознак. Відповідно, звертання до цього принципу розпізнавання пов'язане з необхідністю розвитку методів вибору ознак, які є у деякому розумінні оптимальними. Вирішенням цієї проблеми може бути побудування системи автоматичного виділення інформативних ознак структури зображення, що розпізнається, у процесі якісного аналізу структури зображень на основі використання введених функцій структурної безперервності і структурної перерви, побудови денотативної і концептуальної структури даних зображень.

**Мета.** Метою цієї статті є визначення підходу до розпізнавання контурних зображень, який може бути покладений в основу методу розпізнавання повітряних об'єктів.

Проведені дослідження дозволили сформулювати вимоги до методів розпізнавання, що розробляються для забезпечення їх ефективного використання при розпізнаванні зображень. Цими вимогами є:

- використання принципу спільності властивостей образів, що розпізнаються;
- визначення інваріантних ознак розпізнавання та їх виділення безпосередньо в процесі розпізнавання на основі аналізу структури образу, що розпізнається;
- визначення узагальнених ознак образів, що розпізнаються, які характеризують класи розпізнавання та їх використання в процесі прийняття рішення щодо розпізнавання;
- побудова процедури функціонування системи розпізнавання, що має властивості самонавчання.

Якісний підхід до розпізнавання зображень, що пропонується, задовольняє цим вимогам при використанні процесу виділення структур нової якості на основі порівняння взаємозв'язаних структур більш низького рівня структуризації та абстрагування від їхніх кількісних параметрів [3].

Завдання відношення  $R$  на елементах  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  множини  $X$  можна розглядати як якісну оцінку (типову характеристику) підмножини

$(x_1, x_2, \dots, x_n) \in R$ . В загальному випадку, завдання відношень  $R$  на елементах множини  $X$  і постулювання умов  $A$  – аксіом, яким вони задовольняють, визначає структуру  $St$  множини  $X$ :

$$St = \langle X, R, A \rangle. \quad (1)$$

Множина елементів  $X$  при цьому розглядається як множина елементарних, непохідних структурних елементів зображення  $Q_i$ , що розпізнається,  $R$  – як відношення порядку на даній множині. Кожен елемент множини  $x \in X$  має параметричне подання змінними  $\{v_1, \dots, v_m\}$ :

$$x = f(v_1, \dots, v_m) \in E \subset \mathfrak{R}^m, \quad (2)$$

де  $E$  – замикання деякої області  $m$ -мірного простору  $\mathfrak{R}^m$ .

В цьому випадку

$$St = \langle F(V), R, A \rangle. \quad (3)$$

Одиничний непохідний елемент зображення (для контурних зображень на площині він буде являти собою точку, в подальшому – елементарний неорієнтований елемент зображення) описується константними параметрами.

Якщо визначити відображення функції  $F_j(V)$  на множину  $S$ , то його можна подати у вигляді функції

$$g(F_j(V)) = s_i, \text{ де } s_i \in S. \quad (4)$$

Якщо існує структура  $St$  множини  $X$ , безперервна на інтервалі  $[x_i, x_{i+n}]$ , то функція  $g(F_j(V))$ , що визначає відображення  $(x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+n})$  на множину  $S$ , називається функцією **структурної безперервності**.

Якщо існує структура  $St$  множини  $X$  з параметрами, що немонотонно змінюються  $(v_1, \dots, v_m)$  на інтервалі  $[x_i, x_{i+1}]$ , то функція  $h(x_i, x_{i+1})$ , що визначає відображення  $(x_i, x_{i+1})$  на множину  $P$ , називається **функцією структурної перерви**

$$h(x_i, x_{i+1}) = p_i, \quad p_i \in P, \quad (5)$$

а елементи  $x_i, x_{i+1}$  – **точками структурної перерви**, або особливими точками структури.

Будь-яка структура множини типу  $St = \langle X, R, A \rangle$  якісно може бути подана функціями структурної безперервності  $G(X)$  і структурної перерви  $H(X)$ :

$$St = \langle G(X), H(X) \rangle. \quad (6)$$

При розгляді штрихових контурних зображень можна визначити також:

- елементарний орієнтований елемент зображення, що представляє собою одиничний відрізок в контурі зображення,
- безперервно-орієнтований елемент зображення, що представляє собою лінійний відрізок в контурі зображення певної довжини,

- елемент зображення з орієнтацією, що змінюється монотонно, і представляє являє собою фрагмент кривої в контурі зображення,
- кінцевий елемент зображення, що являє собою кінець лінійного відрізка або кривої в контурі зображення,
- кутовий елемент зображення, що відображає наявність точки злому в контурі зображення.

Введені елементи структури зображень є *базовими елементами*. Інші елементи структури зображень є похідними від базових.

Якщо розглянути процес розпізнавання зображень, виходячи з аналізу їхніх структур, то конкретна структура зображення, що складається з базових елементів, називається *денотативною структурою зображення*  $O_j$  і позначається  $den(O_j)$ .

Множина денотативних структур зображень  $O_j$  утворює множину зображень, що розпізнаються, – денотатів класу зображень  $Cl_i$ , що розпізнаються.

Узагальнені властивості зображень, що дозволяють віднести їх до певного класу розпізнавання, знаходять своє відображення в узагальнених структурах зображень, що розпізнаються, які називаються концептуальними структурами і позначаються  $con(O_j)$ .

В залежності від кількості рівнів спільності властивостей структури зображення, що розпізнається, концептуальна структура також має багаторівневий характер.

Особливістю концептуальної структури на першому рівні є абстрагування від денотативної структури в результаті виділення загальних властивостей елементів даної структури. Аналогічний процес відбувається і на інших рівнях концептуальної структури.

Концептуальні структури володіють низкою властивостей, що визначають надійність процесу розпізнавання. Під надійністю процесу розпізнавання, в даному випадку, розуміється точність розпізнавання зображень при певній зміні їх денотативної структури. Це досягається інваріантністю концептуальних структур певних рівнів відносно афінних перетворень денотативної структури, відносно адитивних та мультиплікативних змін елементів денотативної структури, відносно деформації елементів денотативної структури зображення, що розпізнається. Дані властивості концептуальних структур дозволяють здійснити процес розпізнавання контурних зображень, наприклад, зображень повітряних об'єктів.

Узагальненими властивостями структур зображень є структурні безперервності і структурні перерви, що визначаються відповідно функціями  $G$  – структурної безперервності і функціями  $H$  – структурної пе-

перви.

Визначено наступні правила переходу між рівнями концептуальної структури:

$$1. \forall s_j \in S'_i \exists g(S'_i) \rightarrow \exists s_k \in S'_{i+1}, \quad (7)$$

де  $s_k = g(S'_i)$ ,  $g \in G$  – функція структурної безперервності;

$$2. \exists (s_j, s_{j+1}) \in S'_i \exists h(s_j, s_{j+1}) \rightarrow \exists s_k \in S'_{i+1}, \quad (8)$$

де  $s_k = h(s_j, s_{j+1})$ ,  $h \in H$  – функція структурної перерви.

Рекурсивна послідовність застосування правил 1 і 2 дозволяє побудувати концептуальну структуру  $\text{con}(O_j)$ .

Основним принципом формування вирішального правила є виконання операції порівняння концептуальної структури зображення, що розпізнається, з концептами класів розпізнавання або з концептуальними структурами раніше розпізнаних зображень.

**Висновок.** Таким чином, сформульовані визначення функцій структурної безперервності та структурної перерви, запропоновані правила переходу між рівнями концептуальної структури дозволяють створити алгоритм методу розпізнавання контурних зображень, який може бути застосований до розпізнавання повітряних об'єктів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Теоретические и прикладные вопросы распознавания изображений.*: Сб. науч. тр. / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. Научный совет по проблеме "Кибернетика". – К., 1991. – 86 с.
2. Ту Дж., Гонсалес Р. *Принципы распознавания образов.* – М.: Мир, 1978. – 411 с.
3. Паржин Ю.В., Демидов А.В. *Построение концептуальных структур распознаваемых образов // Управление и связь.* – Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1997. – С. 31 – 33.

Надійшла 25.03.2003

**ПАРЖИН Юрій Володимирович**, канд. техн. наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної лабораторії Харківського військового університету. У 1982 році закінчив Харківське вище військово командно-інженерне училище ракетних військ. Галузь наукових інтересів – розпізнавання образів.