

## ОБРОБКА ДАНИХ В ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМАХ ОРГАНІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

ã Грицик В., 2009

**У роботі показано можливості синтезу складних систем паралельної обробки даних, які можна використати для реалізації у задачах комп'ютерного зору.**

**In the article are shown synthesis of complex systems of parallel data processing for computer vision tasks.**

### 1. Вступ

Сьогодні досліджуються найрізноманітніші підходи розроблення проблемно-орієнтованих та спеціалізованих систем обробки даних складних алгоритмів з метою забезпечення реального часу. Однією із важливих задач є розв'язання та реалізація алгоритмів обробки зображень (попередня обробка зображень, розпізнавання та класифікація).

Актуальність полягає у з'ясуванні можливостей таких підходів, методів та алгоритмів, які би описували представлення в складних системах реального часу і здійснювати реалізацію в обчислювальних структурах [1, 5]. Особливо ця задача є важливою при розгляді та розв'язанні задач великої розмірності, високої роздільної здатності. Можна було би також відзначити актуальність проблеми різних класів задач комп'ютерного зору [6–8], забезпечити реальний час для заданих алгоритмів [1–4].

### 2. Постановка задачі

У цій роботі представлено задачу методу опису алгоритмів та можливості їх налаштування і реалізації у реальному часі в проблемно-орієнтованих системах або спеціалізованих обчислювальних пристроях чи елементах, великих інтегральних структурах, програмно-логічних інтегральних схемах.

### 3. Розпаралелювання в системах обробки даних в системах комп'ютерного зору та ярусно-паралельні форми

Сьогодні, вважаючи, що проведені глибокі дослідження теоретичних розробок, необхідні відповідні підходи та опис налаштування у складних системах обробки даних. Можна відзначити нові дослідження обчислювальних біологічних систем у межах наноструктур. Тому таким важливим є підхід до налаштування обробки даних для високої кількості однорідних середовищ. У напрямку реалізації задач великої розмірності важливо провести дослідження з виявлення паралелізму алгоритму, а також розробити принципово нові підходи конструктивних алгоритмів паралельної структури для розв'язання задач великих розмірностей у системах комп'ютерного зору для різних задач предметних областей знань та практичного застосування. Незважаючи на значні досягнення, для розв'язання різних задач комп'ютерного зору необхідно розв'язувати практичні задачі обробки зображень у реальному часі [7, 8].

Важливим є надалі розвиток теоретичних досліджень розпаралелювання відносно структурних підходів, системних застосувань, методів [1, 4, 7, 8].

Довільну складну задачу можна розглядати для реалізації деякої системи, складеної із підсистем

$$S_1 \subset X_1 \times Y_1, S_2 \subset X_2 \times Y_2, \dots, S_m \subset X_m \times Y_m,$$

де  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  – множина вхідних даних,  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$  – множина результатів при реалізації  $S_1, S_2, \dots, S_m$ .

Розглядаючи модель, яка відтворює послідовно-паралельну організацію обробки інформації – ярусно-паралельну форму (ЯПФ), побудуємо функціональну граф-схему обробки даних: 1) поставимо у відповідність кожній підсистемі  $S_i, i = \overline{1, m}$  деяку вершину графу; 2) вершина графу, відповідно до функціональної підсистеми  $S_j$ , поєднується з вершиною графу відповідно до функціональної підсистеми  $S_j, j = \overline{1, m}$  лише у тому випадку, якщо вихід (результат)  $y_j$  є одним із входів (аргументів) підсистеми  $S_j$ . Побудована так граф-схема повністю відповідає внутрішній структурі задачі і визначає деяку систему  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  реалізації цієї задачі.

**Означення 1.** Функціональна підсистема вважається інформаційно залежною від  $S_i$ , якщо  $S_j$  реалізує над виходом  $S_i$ .

**Означення 2.** Функціональна підсистема  $S_i$  є керуючою відносно підсистеми  $S_j$  і  $S_s (i, j, s = \overline{1, m})$ , якщо вихід  $S_i$  визначає реалізацію  $S_j$  або  $S_s$ , а  $S_i$  безпосередньо передує  $S_j$  і  $S_s$ .

При реалізації функціональної граф-схеми у ній виділяються ділянки, в яких немає керуючої підсистеми.

Так впорядковано функціональну граф-схему.

**Означення 3.** Множини функціональних підсистем  $\Omega_1$  першого ярусу назовемо множиною тих і тільки тих підсистем, які є інформативно незалежними; множина функціональних підсистем  $\Omega_2$  другого ярусу є множиною тих і тільки тих підсистем, які інформативно залежні принаймні від однієї підсистеми першого ярусу і не є залежними від інших підсистем  $i$  т. ін. Множина функціональних підсистем  $\Omega_i$ -го ярусу не є залежною від інших підсистем, що не належать ярусам з номерами меншими, ніж  $i$ .

**Означення 4.** Граф, упорядкований відповідно до функціональних підсистем за ярусами, визначеними множинами функціональних підсистем  $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \dots, \Omega_i, \dots$ , називатимемо ярусно-паралельним графом, а систему  $S$  відповідно до цього графу – ярусно-паралельною формою (ЯПФ).

Отже, розпаралелювання процесу розв'язання задачі передбачає такі етапи.

Перший етап паралельного розкладу –  $\Omega_1$ : з множин  $\{S\} \subset \{(X_r, Y_r)\}, r = \overline{1, l}$  визначається максимальне число інформативно взаємозалежних підсистем  $S_1^1, S_2^1, S_3^1, \dots, S_{\delta_1}^1$ . Число  $\delta_1$  визначає максимальну кількість процесорів, необхідних для реалізації підсистем  $S_\rho^1, 1 \leq \rho \leq \delta_1$  на першому етапі паралельного розкладу  $\Omega_1$ . Останні  $l - \delta_1$  підсистем є інформативно залежними від підсистем  $S_\rho^1$ . Другий етап розкладу –  $\Omega_2$ : з множини  $\{S_z / S_g^1\}$  визначаємо максимальне число  $\delta_2$  інформативно незалежних підсистем  $S_1^2, S_2^2, S_3^2, \dots, S_{\delta_2}^2, \delta_2 \geq \delta_1$ . Число  $\delta_2$  визначає максимальну кількість елементів-процесорів, необхідних для реалізації підсистем  $S_\rho^2, \delta \leq \rho \leq \delta_2$  на другому етапі паралельних розкладів  $\Omega_2$ . Останні  $z - \delta_1 - \delta_2$  підсистем є інформативно залежними від підсистем  $S_\rho^2$  і можливо, від  $S_\rho^1$  і т. д. Кожний етап паралельного розкладу –  $\Omega_k$ : з множини  $\left\{ S_r / \bigcup_{v=1}^{k-1} S_\rho^v \right\}$  визначаємо максимальне число  $\delta_k$  інформативно взаємозалежних підсистем

$S_1^k, S_2^k, S_3^k, \dots, S_{\delta_k}^k, \delta_k \geq \delta_{k-1}$ . Останні  $l - \sum_{r=1}^{k-1} \delta_r$  підсистем є інформаційно залежними від підсистем  $S_p^{k-1}$  і, можливо, від  $S_p^{k-2}, S_p^{k-3}, \dots, S_p^1$ . Цей процес розпаралелювання продовжується доти, поки  $\left\{ S_r / \bigcup_v^{N-1} S_p^v \right\}$ , де  $N$  – номер ярусу паралельного розкладу  $\Omega_N$ , що являє собою множину

інформативно взаємозалежних підсистем. При цьому  $\delta_N = 1 - \sum_{r=1}^{N-1} \delta_r$  визначає кількість процесорів, необхідних на останньому етапі  $\Omega_N$  і  $\delta_N \leq \delta_{N-1}$ . Максимальна кількість процесорів, необхідно для розв'язання відповідної задачі обробки інформації,  $\delta_{\max} = \max \delta_k$ .

У загальному випадку задача розпаралелювання обробки даних в системах реального часу зводиться до побудови із функціонального графу підсистем  $S_i$  ярусно-паралельного графу. Основним недоліком цього підходу є відсутність правил формування підсистем. У роботі [1] запропонований підхід до розпаралелювання, де розглядається деяка глобальна характеристика внутрішньої синхронної функціональної схеми.

Розглянемо, що деяка задача реалізується за допомогою системи  $S \subset (X, C, Y)$ , де  $C$  – канал, у якому здійснюється перетворення даних. Канал  $C$  задається у загальному випадку за допомогою матриці ймовірностей  $\|P_{ij}\|$ , де  $P_{ij}$  – ймовірність, що характеризує перетворення вхідної множини  $X$  в  $Y$ . Підсистеми  $S_r \subset (X_r, C_r, Y_r)$  можна інтерпретувати так: а) обчислювальний пристрій виконує елементарні мікрооперації; б) обчислювальний пристрій здійснює складні функціональні залежності  $f_1, \dots, f_n$ ; обчислювальні середовища та ін. Якщо характеристики каналів  $C_1^k, \dots, C_{\delta_k}^k$  у системах  $S_1^k, \dots, S_{\delta_k}^k$  однакові, то системи  $S_k$  називаємо однорідними. Такі однорідні системи становлять значний практичний інтерес для розв'язання задач обробки даних у реальному часі [5, 6]. Такі однорідні системи мають значні переваги порівняно з неоднорідними у вартості, технічній реалізації на основі ВІС, у компактності побудови, у забезпеченні високої надійності. Тому потрібно здійснювати такі алгоритми обробки даних, які дають можливість реалізовувати задачі на однорідні системи паралельної обробки даних.

#### 4. Налаштування системи обробки даних.

##### Синтез складних систем паралельної обробки даних

Розглянемо можливість розпаралелювання обробки інформації при синтезі складних систем обробки даних на рівні ярусно-паралельних структур алгоритму, застосування також магістральних методів реалізації процесу обробки даних. Такий підхід дає можливість налаштування системи на реалізацію задач у заданому режимі даних, які надходять. У цьому підході важливим є вибір основних операторів, що дають змогу налаштувати систему. Розглянемо систему

$$S_i \subset X_i \times Y_i, \quad (1)$$

і нехай

$$X_i = x \{X_{ij} : j \in I_{X_i}\}, Y_i = x \{Y_{ij} : j \in I_{Y_i}\}$$

Позначимо через  $Z_{X_i}$  декартовий добуток компонентних множин  $X_i$ , які можуть слугувати для реалізації з'єднань систем; а через  $\bar{Z}_{X_i}$  – сімейство всіх компонентів множин  $X_i$  і позначимо через [4]

$$\bar{X}_i^* = \{ X_{ij} : X_{ij} \in \bar{X}_i \wedge X_{ij} \notin \bar{Z}_{X_i} \},$$

де  $\bar{X}_i$  – сімейство компонентних множин  $X_i$ ;

$$X_i^* = x \{X_{ij} : X_{ij} \in \overline{X}_i \wedge X_{ij} \notin Z_{X_i}\} = x \{X_{ij} \cdot X_{ij} \in \overline{X}_i^*\}.$$

Отже, отримаємо:

$$X_i = X_i^* \times Z_{X_i} \quad (2)$$

Аналогічно

$$Y_i = Y_i^* \times Z_{Y_i} \quad (3)$$

Із ((1) : (3)) можна синтезувати множину синтезованих (з'єднаних) систем

$$S_{iz} \subset (X_i^* \times Z_{X_i}) \times (Y_i^* \times Z_{Y_i}) \quad (4)$$

Системи  $S_i$  і  $S_{iz}$  – не однакові системи; система  $S_{iz}$  визначає можливість з'єднання (синтезування) систем. Клас синтезованих систем із (4) визначимо так

$$\overline{S}_z = \{S_{iz} : S_{iz} \subset (X_i^* \times Z_{X_i}) \times (Y_i^* \times Z_{Y_i})\}.$$

У цьому класі систем знайдемо основні параметри синтезу систем.

I. Каскадний синтез (з'єднання)

Нехай  $S_1 \subset X_1 \times (Y_1^* \times Z_{X_1})$ ,  $S_2 \subset (X_2^* \times Z_{Y_2}) \times Y_2$ .

Введемо операцію  $\circ: \overline{S}_Z \times \overline{S}_Z \Rightarrow \overline{S}_Z$  таку, що  $S_1 \circ S_2 = S_3$ , де

$$S_3 \subset (X_1 \times X_2^*) \times (Y_1^* \times Y_2), Z_{X_1} = Z_{Y_2} = Z$$

і  $((X_1, X_2), (Y_1, Y_2)) \in S_3 \Leftrightarrow (\exists z)((X_1, Y_1, Z) \in S_1 \wedge ((X_2, Z), Y_2) \in S_2)$

Операцію  $\circ$  визначимо як каскадний синтез, або каскадну операцію.

II. Паралельний синтез (з'єднання)

Нехай  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times Y_1$ ,  $S_2 \subset (X_2^* \times Z_{X_2}) \times Y_2$ .

Введемо операцію  $+: \overline{S}_Z \times \overline{S}_Z \Rightarrow \overline{S}_Z$  таку, що  $S_1 + S_2 = S_3$ , де

$$S_3 \subset (X_1^* \times X_2^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2), Z_{X_1} = Z_{X_2} = Z$$

і  $((X_1, X_2, Z), (Y_1, Y_2)) \in S_3 \Leftrightarrow ((X_1, Z)Y_1) \in S_1 \wedge ((X_2, Z), Y_2) \in S_2$

Операцію  $+$  назвемо паралельним синтезом (з'єднанням) або паралельною операцією.

III. Закриття зворотного зв'язку (організація операцій циклів).

Нехай  $F$  – відображення  $F: \overline{S}_Z \Rightarrow \overline{S}_Z$ , таке що  $F(S_1) = S_2$ ,

де  $S_1 \subset (X^* \times Z_X) \times (Y^* \times Z_Y)$ ,

а  $S_2 \subset X^* \times Y^*$ ,  $Z_X = Z_Y = Z$

і  $(X, Y) \in S_2 \Leftrightarrow (\exists z)((X, Z), (Y, Z)) \in S_1$ .

Відображення  $F$  називається закриттям зворотного зв'язку, або операцією закриття оберненого зв'язку.

Так введено три основні операції синтезу систем, які практично вичерпують можливості організації операцій складних систем обробки даних.

Нижче наведено основні властивості синтезу операцій обробки даних.

1. Якщо операція  $(S_1 \circ S_2) \circ S_3$  визначена, то справедлива рівність

$$(S_1 \circ S_2) \circ S_3 = S_1 (S_2 \circ S_3).$$

2.  $S_1 \circ S_2 \neq S_2 \circ S_1$ .

3. Якщо операції  $(S_1 + S_2) + S_3$  і  $S_1 + (S_2 + S_3)$  визначені, то справедлива рівність

$$(S_1 + S_2) + S_3 = S_1 + (S_2 + S_3).$$

4.  $S_1 + S_2 = S_2 + S_1$ .

5. В операції  $\circ$  немає одиничного елемента.
6. Роль одиничного елемента для операції  $+$  відіграє пуста система.
7.  $F(S_1 \circ S_2) = F(S_2 \circ S_1)$ , якщо обидві частини цієї рівності мають сенс.
8. Якщо системи  $S_1 \subset X_1 \times (Y_1 \times Z)$  і  $S_2 \subset (X_2 \times Z) \times Y_2$  не попереджують, то не попереджує і система  $S_3 = S_1 + S_2$ .
9. Якщо системи  $S_1 \subset (X_1 \times Z) \times Y$  і  $S_2 \subset (X_2 \times Z) \times Y$  не попереджують, тоді не попереджуватиме і система  $S_3 = S_1 + S_2$ .
10. Якщо системи  $S_1$  і  $S_2$  лінійні, то системи  $S_1 \circ S_2$ ,  $S_1 + S_2$  і  $F(S_1)$  так само будуть лінійними, якщо вони є визначені.
11. Якщо системи  $S_1$  і  $S_2$  функціональні, то функціональними є і системи  $S_1 \circ S_2$  і  $S_1 + S_2$  за умови, що вони визначені; каскадні і паралельні з'єднання зберігають властивості взаємно однозначної функціональності; операції замикання зворотного зв'язку у загальному випадку функціональності не зберігають.

12. Нехай  $S \subset (X + Z) \times (Y \times Z)$  є функціональними і

$$S(X) = \{Z : (\exists y)((x, z, y, z) \in S)\},$$

$$S(x, y) = \{Z : (\exists z')((x, z, y, z') \in S)\};$$

Тоді система  $F(S)$  є функціональна тоді і тільки тоді, якщо для кожного  $x \in X$

$$(\exists y) (S(x) \subset S(x, y)).$$

Можна показати можливість розпаралелювання обробки інформації [5] для різних операцій синтезу систем на рівні заданих систем  $S_i$ . Вважаємо, що операція замикання оберненого зв'язку дає можливість проводити обробку даних лише на рівні однієї системи  $S_i$ . Тому важливо дослідити можливість розпаралелювання обробки даних при побудові різних систем з допомогою каскадного і паралельного поєднання (з'єднання) операцій на рівні заданих систем  $S_i$ . Нижче будуть представлені операції синтезу систем обробки даних.

**1.** Нехай задані системи обробки даних

$$S_1 \subset X_1 \times (Y_1^* \times Z_{X_1}), S_2 \subset (X_2^* \times Z_{Y_2}) \times Y_2$$

і визначено каскадні з'єднання цих систем за допомогою каскадної операції

$$S_1 \circ S_2 = S = (X_1 \times X_2^*) \times (Y_1^* \times Y_2),$$

тоді система  $S$  допускає магістральну обробку даних на рівні  $S_1$  і  $S_2$ .

**2.** Нехай задані системи обробки даних

$$S_1 \subset X_1 \times (Y_1^* \times Z_{X_1}), S_2 \subset (X_2^* \times Z_{Y_2}) \times (Y_2^* \times Z_{Y_2}),$$

$$S_3 \subset (X_3^* \times Z_{Y_3}) \times (Y_3^* \times Z_{X_3}), \dots, S_n \subset (X_n^* \times Z_{Y_n}) \times Y_n$$

і визначено каскадне з'єднання цих систем за допомогою каскадного з'єднання операцій

$$S_1 \circ S_2 \circ S_3 \circ \dots \circ S_n = S \subset (X_1 \times X_2^* \times X_3^* \times \dots \times X_n^*) \times \\ \times (Y_1^* \times Y_2^* \times Y_3^* \times \dots \times Y_{n-1}^* \times Y_n);$$

тоді система  $S$  допускає магістральну обробку даних на рівні  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ .

**3.** Нехай задані системи обробки даних  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times Y_1$ ,  $S_2 \subset (X_2^* \times Z_{X_2}) \times Y_2$  і визначено паралельне з'єднання (синтезу) цих систем за допомогою паралельного з'єднання операції

$$S_1 + S_2 = S = (X_1^* \times X_2^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2).$$

Тоді система  $S$  допускає розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_1$  і  $S_2$ .

**4.** Нехай задані системи обробки даних  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times Y_1$ ,  $S_2 \subset (X_2^* \times Z_{X_2}) \times Y_2$ ,  $S_3 \subset (X_3^* \times Z_{X_3}) \times Y_3$ , ...,  $S_n \subset (X_n^* \times Z_{X_n}) \times Y_n$  і визначено синтез (паралельне з'єднання) цих систем за допомогою паралельного з'єднання операцій

$$S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n = S = (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times \dots \times X_n^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \times \dots \times Y_n).$$

Тоді система  $S$  допускає розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ .

**5.** Нехай задані системи обробки даних

$$S_1 \subset (X_1^* \times Z'_{X_1}) \times (Y_1^* \times Z_{X_1}), S_2 \subset (X_2^* \times Z_{Y_2}) \times Y_2, S_3 \subset (X_3^* \times Z_{X_3}) \times Y_3$$

і паралельне каскадне з'єднання (синтез) цих систем з допомогою операцій

$$(S_1 \circ S_2) + S_3 = S_{12} + S_3 = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times Z) \times (Y_1^* \times Y_2 \times Y_3).$$

Тоді система  $S$  допускає магістральну обробку даних на рівні  $S_1$  і  $S_2$  і розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_{12}$  і  $S_3$ .

**6.** Нехай задані системи обробки даних  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times Y_1$ ,

$$S_2 \subset (X_2^* \times Z_{X_2}) \times (Y_2^* \times Z_{X_2}), S_3 \subset (X_3^* \times Z_{Y_3}) \times Y_3$$

і паралельне каскадне з'єднання цих систем за допомогою операцій

$$S_1 + (S_2 \circ S_3) = S_1 + S_{23} = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times Z) \times (Y_1 \times Y_2^* \times Y_3),$$

тоді система  $S$  допускає магістральну обробку даних на рівні  $S_2$  і  $S_3$  і розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_1$  і  $S_{23}$ .

**7.** Нехай задані системи обробки даних

$$S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times (Y_1^* \times Z'_{Y_1}), S_2 \subset (Z_{X_2} \times X_2^*) \times (Y_2^* \times Z''_{Y_2}), S_3 \subset (X_3^* \times Z'_{Y_3} \times Z''_{Y_3}) \times Y_3$$

і паралельне каскадне з'єднання цих систем за допомогою операцій

$$(S_1 + S_2) \circ S_3 = S_{12} \circ S_3 = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times X_3^* \times Z) \times (Y_1^* \times Y_2^* \times Y_3),$$

тоді система  $S$  допускає розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_1$  і  $S_2$  і магістральну обробку даних на рівні  $S_{12}$  і  $S_3$ .

**8.** Нехай задані системи  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times (Y_1^* \times Z_{Y_1})$ ,  $S_2 \subset (X_2^* \times Z_{X_2}) \times (Y_2^* \times Z_{Y_2})$  і визначено каскадне з'єднання, що охоплене оберненим зв'язком за допомогою каскадного з'єднання операції та операції замикання оберненого зв'язку

$$F(S_1 \circ S_2) = S \subset (X_1^* \times X_2^*) \times (Y_1^* \times Y_2^*),$$

тоді система  $S$  допускає розпаралелювання обробки даних на рівні  $S_1$  і  $S_2$ .

**9.** Нехай задані системи  $S_1 \subset (X_1^* \times Z_{X_1}) \times (Y_1^* \times Z_{Y_2})$ ,

$$S_2 \subset (X_2^* \times Z'_{X_2} \times Z''_{X_2}) \times (Y_2^* \times Z'_{Y_2} \times Z''_{Y_2}), \dots, S_{n-1} \subset (X_{n-1}^* \times Z'_{X_{n-1}} \times Z''_{X_{n-1}}) \times (Y_{n-1}^* \times Z'_{Y_{n-1}} \times Z''_{Y_{n-1}})$$

і визначено каскадне з'єднання, що охоплено оберненим зв'язком за допомогою каскадних операцій замикання оберненого зв'язку

$$F(S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_n) = S \subset (X_1^* \times X_2^* \times \dots \times X_n^*) \times (Y_1^* \times Y_2^* \times \dots \times Y_n^*).$$

Тоді система  $S$  допускає розпаралелювання (10) обробки даних на рівні  $S_1, S_2, \dots, S_n$ .

### Висновок

У роботі розглянуто функціональні системи обробки даних, досліджено можливості розпаралелювання та налаштування в системах обробки даних; показані можливості синтезу

складних систем паралельної обробки даних, які можна використати для реалізації в задачах комп'ютерного зору.

1. Поспелов Д. А. Введение в теорию вычислительных систем. – М.: Советское радио, 1972. – С. 280, 2. Мальцев А. И. Алгоритмы и рекурсивные функции. – М.: Наука, 1965. 3. Колмогоров А. Н., Успенский В. А. К определению алгоритма // Успехи математических наук. – 1958. – Т. 13. – Вып. 4/82. 4. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. 5. Грицик В. В., Грицик В.В. Розпаралелювання і налаштування алгоритмів обробки даних для реалізації в інформаційно-аналітичних системах / Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури. – Львів, 2008. – 64 с. 6. Грицик В.В. Оцінка якості обробки зображень / Доповіді НАН України. – 2008. – Т. 9. 7. Джордж Ф. Лнегер. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М.; СПб.; К.: Вильямс, 2005. – 863 с. 8. Форсайд Д., Понс Ж. Компьютерное зрение; Современный подход. – М.; СПб.; К.: Вильямс, 2004. – 926 с.

УДК 681.325

**\*Х. Гульовата, Д. Пелешко, І. Цмоць**

\*Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури,  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизованих систем управління

## **МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПРАЦЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-СТРУКТУРНИХ ОБРАЗІВ ВОДИ**

© Гульовата Х., Пелешко Д., Цмоць І., 2009

**Сформульовано принципи побудови, розроблено структуру програмного забезпечення спеціалізованої підсистеми дослідження інформаційних характеристик води, обґрунтовано і вибрано методи та засоби опрацювання інформаційно-структурних образів води.**

**The principles of construction of the specialized subsystem on researches of water informational behavior are formulated, the structure of software is developed. Methods and tools aimed at the water data images processing are chosen and substantiated.**

### **Вступ**

Зростаюча популярність мінеральних вод і ненасиченість ринку сприяють росту об'ємів видобутку та збільшенню кількості підприємств, які займаються їх промисловим розливом. За таких умов постає задача раціонального видобутку мінеральних вод та ретельного контролю за їхньою якістю. Для розв'язання поставленої задачі пропонується застосовувати автоматизовану систему управління, метою функціонування якої є контроль за процесом видобутку та якістю води [1,2]. Для повноцінного функціонування цієї системи необхідно раціонально організувати процес контролю за станом видобутої води. Якість мінеральних вод оцінюється шляхом контролю ряду фізико-хімічних показників відповідно до вимог, викладених у переліку спеціалізованих нормативних документів. Слід зазначити, що жоден із цих параметрів не враховує характер інформаційної складової мінеральної води [1–3]. Відомо, що вода здатна змінювати параметри, якщо її піддати різного роду впливам – хімічним, електромагнітним, механічним та інформаційним [4–6]. Під дією цих факторів вода змінює свою структуру, тобто їх запам'ятовує. Інформацію, яку містить вода, можна отримати у вигляді інформаційно-структурних образів кристаликів замороженої води. Оскільки інформаційно-структурні образи води розглядаються як зображення, то актуальною задачею є розроблення методів і засобів їх опрацювання.