

Процесор для розпізнавання образів з ранжируванням класів



Доповідач: Ворожбит В.В., ст.гр. О-106

Науковий керівник: Мартинюк Т.Б., д.т.н.. проф.

Актуальність

- Розпізнавання образів — це задача віднесення вихідних даних до певного класу за допомогою виділення істотних ознак, що характеризують ці дані, із загальної маси несуттєвих даних.
- Віднесення об'єкта до певного класу відображає найтипівішу проблему класифікації.
- Одним з базових функціональних компонентів багатьох інтелектуальних систем є класифікатор образів-об'єктів розпізнавання. Це стосується, в першу чергу, систем технічного та медичного діагностування, систем керування мобільними роботами, систем захисту інформації тощо. У більшості випадків базовою функцією будь-якого класифікатора є формування вектора класифікації, одиничне значення одного з елементів якого вказує на належність вхідного образу до відповідного класу. Разом з тим, в деяких випадках для уточнення в процесі прийняття рішення необхідно визначити декілька найбільш вірогідних класів, для чого бажано призначити ранги класам. Ранг вказує на порядок найбільш відмінних елементів у складі масиву, що розглядається. Зазвичай ранг використовують при сортуванні, позначаючи індекс чи адресу елементів масиву. Ранжирування - визначення порядку згідно рангу.

- Одним з важливих підходів для розв'язання цієї задачі є використання дискримінантних функцій (ДФ). Загальний вигляд лінійної вирішальної функції задається формулою

$$d_{km} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1km} + \dots + \beta_p \cdot x_{pkm},$$

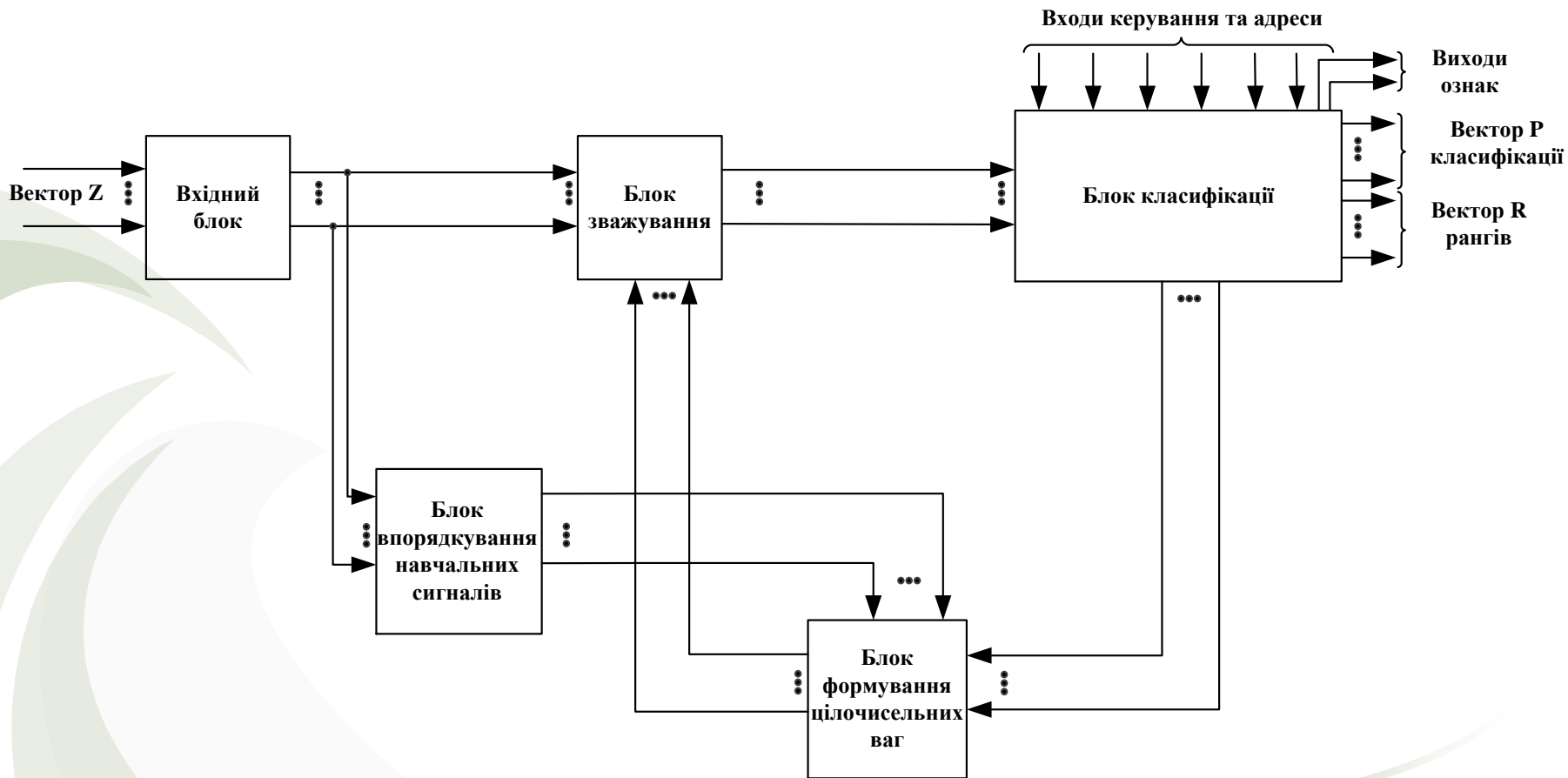
де d_{km} - значення канонічної дискримінантної функції для m -го об'єкта в групі k ($m = 1, \dots, n$, $k = 1, \dots, g$);

x_{pkm} - значення дискримінантної змінної X_i для m -го об'єкта в групі k ;

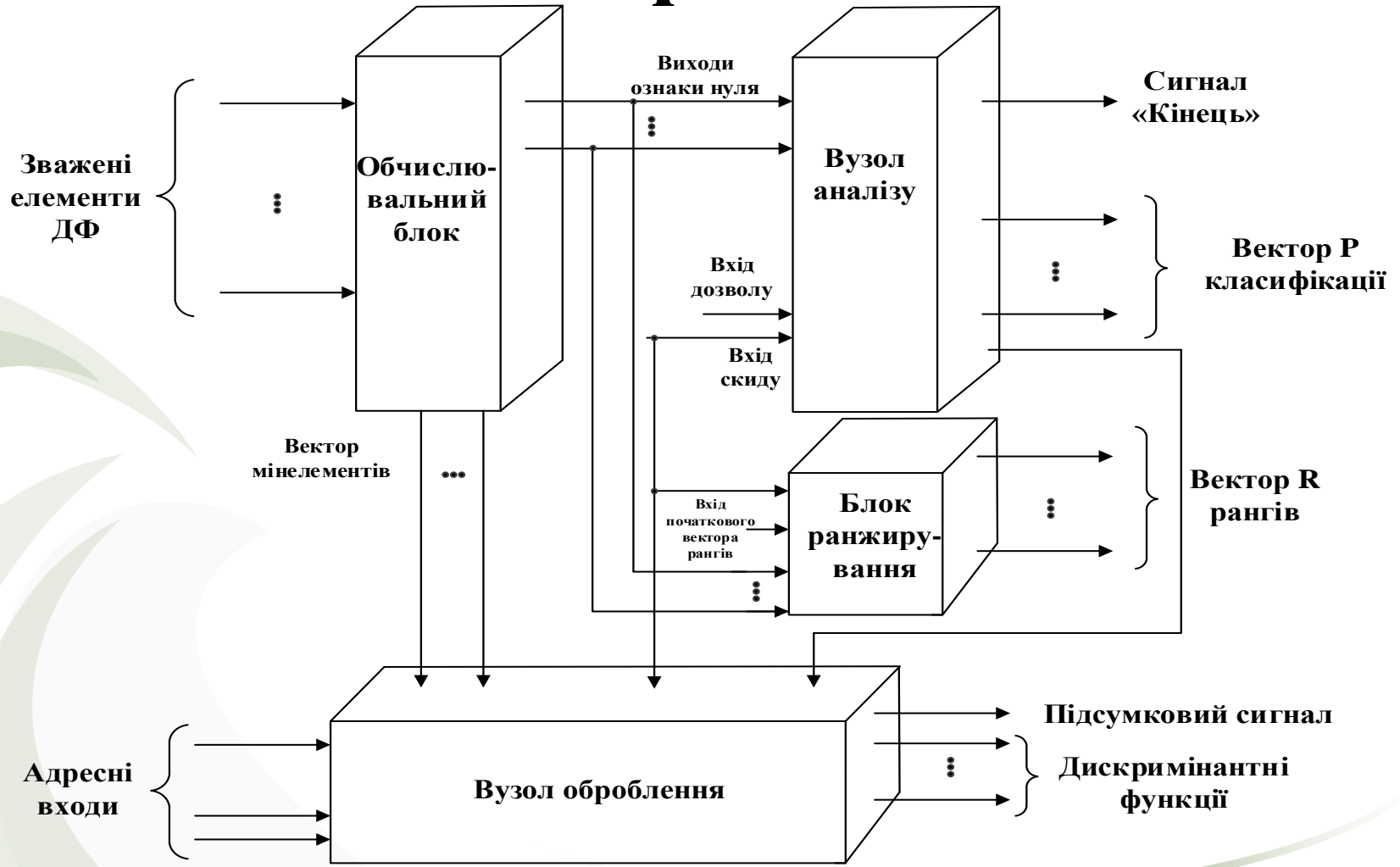
β_0, \dots, β_p - коефіцієнти дискримінантної функції.

Мета даної роботи полягає у розширенні функціональних можливостей процесора для розпізнавання образів через формування вектора рангів дискримінантних функцій одночасно з вектором класифікації

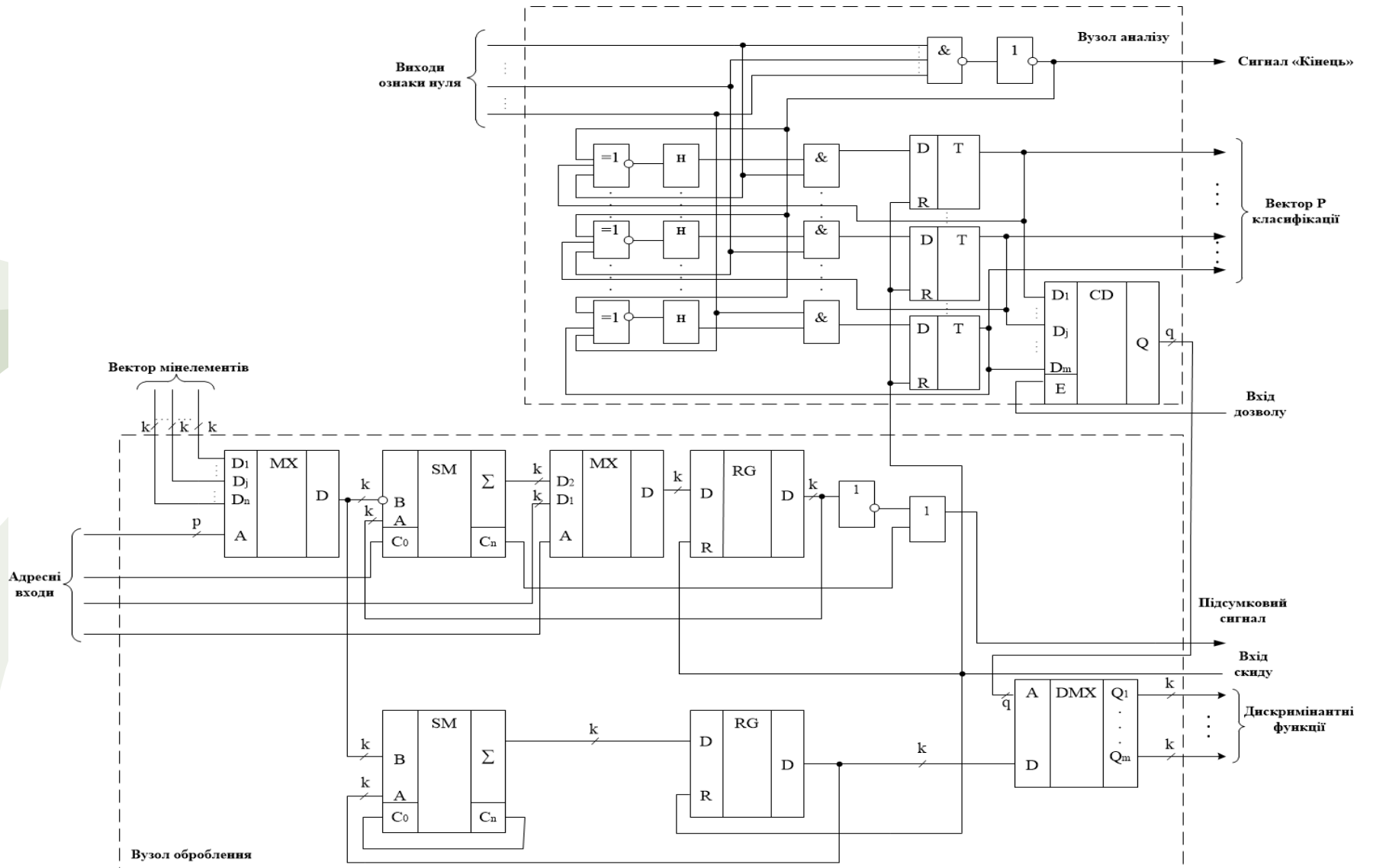
Структурна схема процесора для класифікації об'єктів



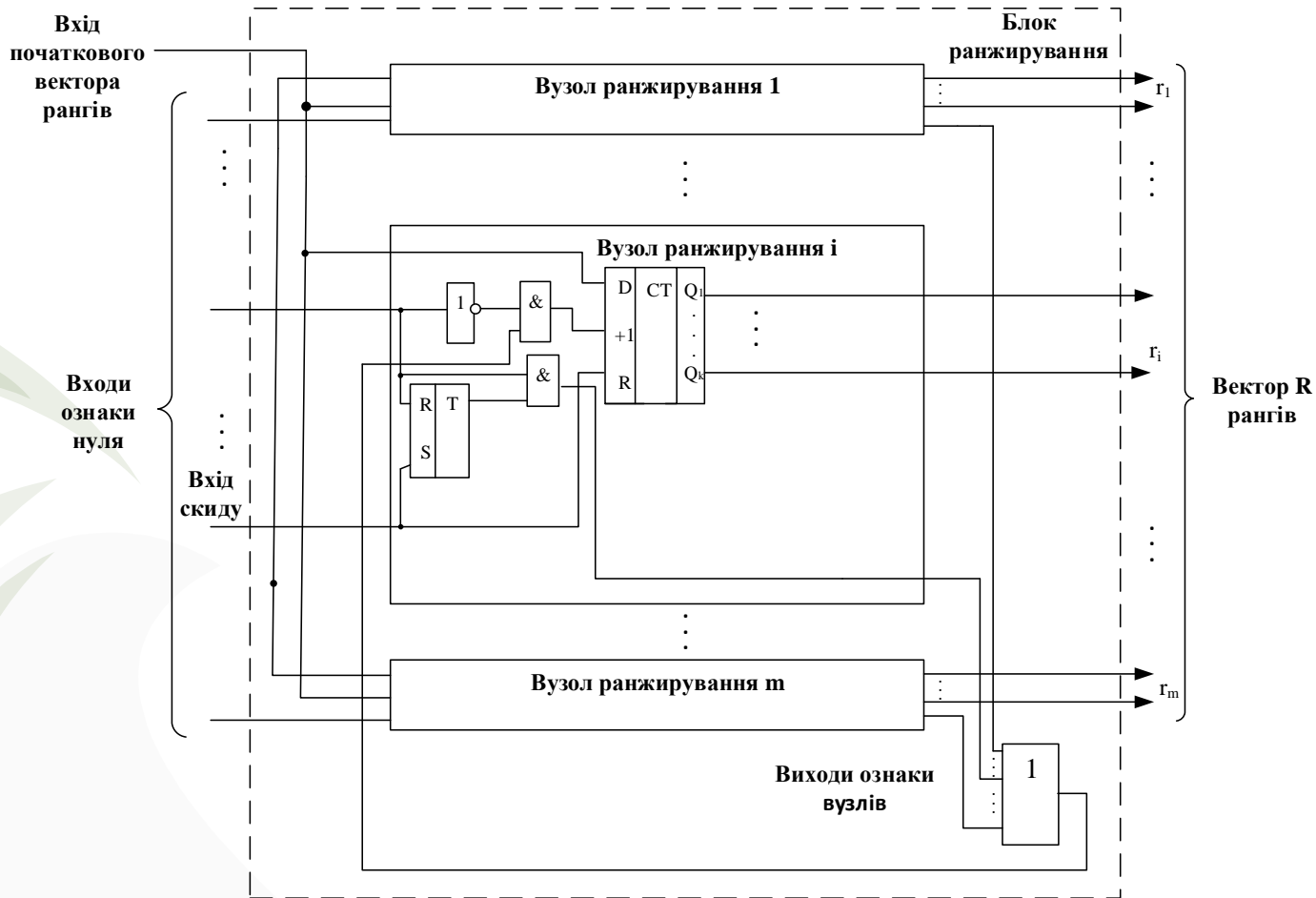
Структурна схема блока класифікації



Функціональна схема вузлів аналізу та оброблення



Функціональна схема блока ранжирування



r_i – k розрядний елемент вектора рангів R

Алгоритм класифікації об'єктів за дискримінантними функціями

Крок 1. У кожному стовпці матриці A^{t-1} , починаючи з матриці A^0 виконують визначення мінімального елемента вигляду:

$$\min_j^{t-1} = \min_i a_{i,j}^{t-1}, j = \overline{1, n}, t = \overline{1, N},$$

У результаті формують вектор-рядок з n мінеlementів вигляду:

$$\text{Min}^{t-1} = (\min_1^{t-1}, \dots, \min_j^{t-1}, \dots, \min_n^{t-1}).$$

Крок 2. Далі виконують паралельне віднімання j -го мінеlementa від кожного i -го елемента відповідного j -стовпця матриці A^{t-1} , де $t = \overline{1, N}$ і формують невпорядковану матрицю вигляду \overline{A}^t з елементами вигляду:

$$\overline{a}_{ij}^t = a_{i,j}^{t-1} - \min_j^{t-1}$$

Перевіряють три умови: 1) $\overline{A}_1^t = \dots = \overline{A}_i^t = \dots = \overline{A}_m^t = 0$, $t = \overline{1, N}$

2) $\Delta_t \leq 0$

3) $A_k^t = 0$, $k = \overline{1, m}$.

При виконанні умови (1) процес оброблення закінчують. Перехід до кроку 4.

Виконання умови (3) свідчить про те, що у деякому циклі t у двовимірній матриці \overline{A}^t з'являється деякий k -й рядок з усіма нульовими елементами. Цей рядок вказує на k -й масив чисел A_k^0 (2.1) ($k = \overline{1, m}$), який є мінімальним за сумою своїх елементів серед початкових масивів A_1^0, \dots, A_m^0 .

Алгоритм класифікації об'єктів за дискримінантними функціями

Нульовий k -й рядок в подальшому обробленні участі не приймає і значення його елементів не беруть до уваги при визначенні мінеlementів кожного стовпця поточної матриці \bar{A}^t . Одночасно маскують елемент r_k вектора рангів R , що відповідає нульовому рядку матриці \bar{A}^t , а всі інші елементи вектора рангів R збільшують на одиницю. Перехід до кроку 3.

Крок 3. Після перевірки виконання умов (1), (3) для всіх рядків поточної матриці \bar{A}^t паралельно виконують транспозицію елементів з просуванням праворуч усіх нульових елементів і формують впорядковану матрицю A^t , для якої повторюють цикли оброблення, які складаються з вищезазначеної послідовності дій, починаючи з визначення мінеlementа у кожному стовпці поточної матриці A^t .

Оброблення кожної невпорядкованої матриці \bar{A}^t триває до тих пір, поки не виконається умова (1) наявності m нульових рядків.. Результатом оброблення є останній рядок, який має нульові елементи за умови, що решта рядків були виключені з оброблення як нульові.

Одночасно з тим формується вектор рангів R , всі елементи якого відповідають рангам відповідних масивів чисел у відсортованій послідовності початкових масиві даних A^0_1, \dots, A^0_m . Формується вихідний вектор $P=(p_1, \dots, p_m)$, в якому тільки один елемент p_l дорівнює одиниці, а всі інші дорівнюють нулю, що дозволяє визначити належність вхідного образу Z до l -го класу.

Крок 4. Завершення процесу. Величина N дорівнює кількості циклів оброблення, виконаних в процесі пошуку максимального масиву чисел серед масивів A^0_1, \dots, A^0_m

Приклад оброблення матриць елементів дискримінантних функцій

| | | |
|---|--|---|
| <p>0-й цикл</p> $A^0 = \begin{pmatrix} 25 & 18 & 12 & 8 \\ 20 & 9 & 6 & 20 \\ 10 & 21 & 30 & 4 \\ 15 & 6 & 24 & 28 \end{pmatrix}$ | <p>1-й цикл</p> $Min^0 = (10 \ 6 \ 6 \ 4)$ <p>$S_1=26$ $S^1=0+26=26$ $R^1=(1 \ 1 \ 1 \ 1)$</p> $A^1 = \begin{pmatrix} 15 & 12 & 6 & 4 \\ 10 & 3 & 16 & 0 \\ 15 & 24 & 0 & 0 \\ 5 & 18 & 24 & 0 \end{pmatrix}$ | <p>2-й цикл</p> $Min^1 = (5 \ 3 \ 0 \ 0)$ <p>$s_2=8$ $s^2=26+8=34$ $R^2=(1 \ 1 \ 1 \ 1)$</p> $A^2 = \begin{pmatrix} 10 & 9 & 6 & 4 \\ 5 & 16 & 0 & 0 \\ 10 & 21 & 0 & 0 \\ 15 & 24 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ |
| <p>3-й цикл</p> $Min^2 = (5 \ 9 \ 0 \ 0)$ <p>$s_3=14$ $s^3=34+14=48$ $R^3=(1 \ 1 \ 1 \ 1)$</p> $A^3 = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 4 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 12 & 0 & 0 \\ 10 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ | <p>4-й цикл</p> $Min^3 = (5 \ 0 \ 0 \ 0)$ <p>$s_4=5$ $s^4=48+5=53$ $R^4=(1 \ 1 \ 1 \ 1)$</p> $A^4 = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ | <p>5-й цикл</p> $Min^3 = (2 \ 0 \ 0 \ 0)$ <p>$s_5=2$ $s^5=53+2=55$ (S_2^0) $R^5=(1 \ 1 \ 1 \ 1)$</p> $A^5 = \begin{pmatrix} 4 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 10 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 15 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ |

A^{t-1} – матриця елементів дискримінантних функцій (ДФ);

Min^{t-1} – вектор-рядок мінімальних елементів кожного стовпця матриці A^{t-1} ;

S_t – часткова сума елементів ДФ;

S^t – накопичувальна сума елементів ДФ;

R^t – вектор рангів ДФ;

Приклад оброблення матриць елементів дискримінантних функцій

| | | |
|--|---|---|
| <p>6-й цикл $Min^5 = (3 \ 0 \ 0 \ 0)$ $s_6=3$ $s^6=55+3=58$ $R^6 = (2 \ 1 \ 2 \ 2)$ $A^6 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 7 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$</p> | <p>7-й цикл $Min^6 = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$ $s_7=1$ $s^7=58+1=59$ $R^7 = (2 \ 1 \ 2 \ 2)$ $A^7 = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ - & - & - & - \\ 6 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$</p> | <p>8-й цикл $Min^6 = (4 \ 0 \ 0 \ 0)$ $s_8=4$ $s^8=59+4=63 (S_1^0)$ $R^8 = (2 \ 1 \ 2 \ 2)$ $A^8 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$</p> |
| <p>9-й цикл $Min^8 = (2 \ 0 \ 0 \ 0)$ $s_9=2$ $s^9=63+2=65 (S_3^0)$ $R^9 = (2 \ 1 \ 3 \ 3)$ $A^9 = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 8 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$</p> | <p>10-й цикл $Min^8 = (8 \ 0 \ 0 \ 0)$ $s_{10}=8$ $s^{10}=65+8=73 (S_4^0)$ $R^{10} = (2 \ 1 \ 3 \ 4)$ $A^{10} = \begin{pmatrix} - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$</p> | <p>Значення дискримінантних функцій $g_1(z)=63 (r_1=2)$ $g_2(z)=55 (r_2=1)$ $g_3(z)=65 (r_3=3)$ $g_4(z)=73 (r_4=4)$</p> |

Імітаційне моделювання процедури класифікації об'єктів за дискримінантними функціями

```
Koef. W
9.80 3.60 7.80 5.20 0.00 14.30 11.80 11.30
8.30 4.90 6.20 4.30 0.00 13.50 11.70 10.60
9.40 4.70 5.50 3.00 0.00 12.30 12.00 8.30
6.30 2.50 5.30 2.80 0.00 7.80 7.00 5.80

Enter vector X -> 1
3
2
2
1
2
2
2

Vektor X = [1 3 2 2 1 2 2 2 ]

Rezult W
9.80 10.80 15.60 10.40 0.00 28.60 23.60 22.60
8.30 14.70 12.40 8.60 0.00 27.00 23.40 21.20
9.40 14.10 11.00 6.00 0.00 24.60 24.00 16.60
6.30 7.50 10.60 5.60 0.00 15.60 14.00 11.60

Begin procesing array W
R0 = [1 1 1 1 ]

Min0 = [6.30 7.50 10.60 5.60 15.60 14.00 11.60 0.00 ]

W1
3.50 3.30 5.00 4.80 13.00 9.60 11.00 0.00
2.00 7.20 1.80 3.00 11.40 9.40 9.60 0.00
3.10 6.60 0.40 0.40 9.00 10.00 5.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

R1 = [2 2 2 1 ]

Min1 = [2.00 3.30 0.40 0.40 9.00 9.40 5.00 0.00 ]
```

```
W2
1.50 0.00 4.60 4.40 4.00 0.20 6.00 0.00
0.00 3.90 1.40 2.60 2.40 0.00 4.60 0.00
1.10 3.30 0.00 0.00 0.00 0.60 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

R2 = [2 2 2 1 ]

Min2 = [1.10 1.40 0.00 0.60 0.00 0.00 0.00 0.00 ]

W3
0.40 3.20 4.40 3.40 0.20 6.00 0.00 0.00
2.80 0.00 2.60 1.80 4.60 0.00 0.00 0.00
0.00 1.90 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

R3 = [2 2 2 1 ]

Min3 = [0.40 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 ]

W4
0.00 3.20 4.40 3.40 0.20 6.00 0.00 0.00
2.40 2.60 1.80 4.60 0.00 0.00 0.00 0.00
1.50 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

R4 = [2 2 2 1 ]

Min4 = [1.50 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 ]

W5
1.70 4.40 3.40 0.20 6.00 0.00 0.00 0.00
0.90 2.60 1.80 4.60 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

R5 = [3 3 2 1 ]

Min5 = [0.90 2.60 1.80 0.20 0.00 0.00 0.00 0.00 ]
```

Імітаційне моделювання процедури класифікації об'єктів за дискримінантними функціями

```
W6
0.80 1.80 1.60 0.00 6.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 4.40 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R6 = [3 3 2 1]

Min6 = [0.00 1.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00]

```
W7
0.80 0.00 1.60 6.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 2.60 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R7 = [3 3 2 1]

Min7 = [0.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00]

```
W8
0.00 1.60 6.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
1.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R8 = [3 3 2 1]

Min8 = [1.60 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00]

```
W9
0.00 6.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.20 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R9 = [3 3 2 1]

Min9 = [0.20 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00]

```
W10
5.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R10 = [4 3 2 1]

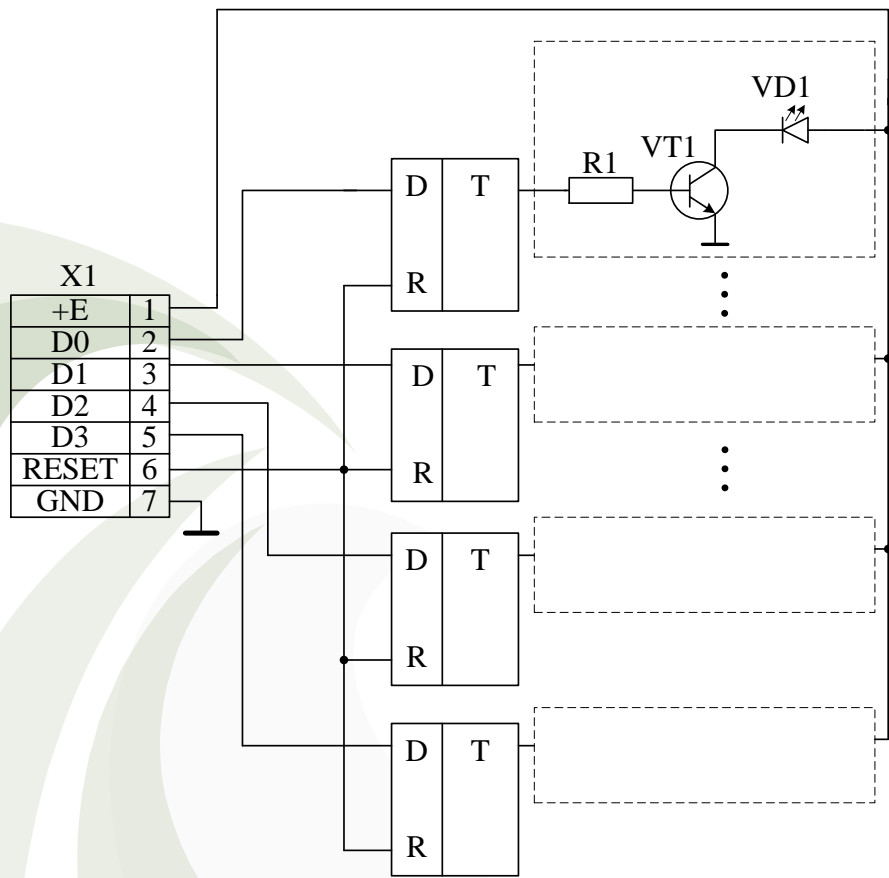
Min10 = [5.80 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00]

```
W11
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
```

R11 = [4 3 2 1]

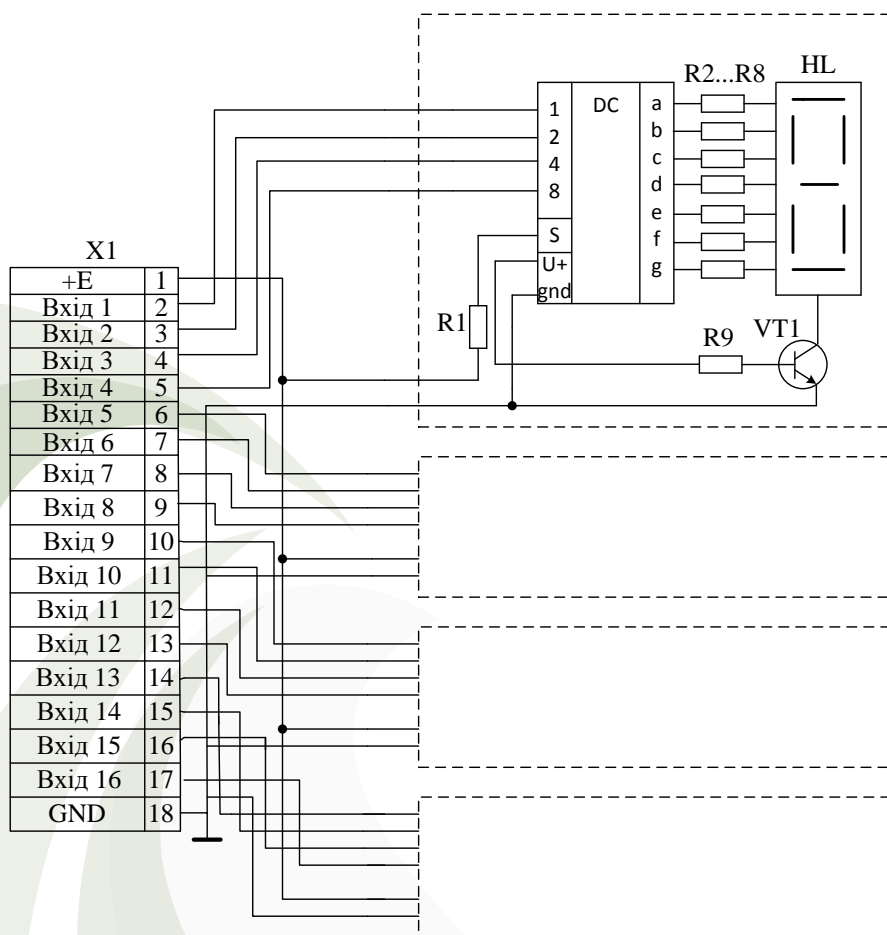
g1(z) = 121.40 g2(z) = 115.60 g3(z) = 105.70 g4(z) = 71.20

Функціональна схема вузла індикації класів



| | | |
|------------|---------------------------------|----------------------|
| Транзистор | BC817: | |
| | Тип провідності і конфігурація | NPN |
| | Струм колектора | 500 мА |
| | Розсіяння потужності | 250 мВт |
| | Гранична робоча частота | 100МГц |
| | Коефіцієнт посилення по струму | 250 |
| Резистор | МЛТ Р1-40 ВН 1,1 Ом±5%: | |
| | Опір | 1-10 ³ Ом |
| | Лінійка світлодіодів SMD 3528 : | |
| | Спожив. струму, мА | 200 |
| | Напруга живлення, В | 12 |

Функціональна схема вузла індикації рангів



Транзистор

BC817:

Тип провідності і
конфігурація

NPN

Струм колектора

500 мА

Розсіяння
потужності

250 мВт

Гранична робоча
частота

100МГц

Коефіцієнт
посилення по струму

250

Резистори

МЛТ-0,5 0,5Вт 4,7 кОм±5%
МЛТ 0,25-5,1 Ом

Семисегментний індикатор FYS-15011 BS-21

Дешифратор КР514ИД1

Висновки

- Запропоновано структуру процесора для розпізнавання образів, який відрізняється організацією блока класифікації, що дозволяє розширити функціональні можливості процесора завдяки ранжируванню результатів класифікації образів.
- Розроблено функціональні схеми вузла аналізу та вузла оброблення у складі блока класифікації, які формують відповідно вектор класифікації та значення дискримінантних функцій.
- Розроблено функціональну схему блока ранжирування дискримінантних функцій, який формує вектор рангів R всіх дискримінантних функцій одночасно з формуванням вектора класифікації P .
- Розглянуто приклад оброблення елементів дискримінантних функцій у вигляді матриці, результати якого підтвердили розширені функціональні можливості процесора для розпізнавання.

Дякую за увагу!