

# Метод знаходження енергетичних центрів фрагментів зображень лазерних трас в реальному часі для розпізнавання образів

Д.т.н., проф. Тимченко Л.І.<sup>1</sup>, магістр Мельніков В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доц. Кокряцька Н.І.<sup>1</sup>, к.т.н. Кутаєв Ю.Ф.<sup>3</sup>, Івасюк І.Д.<sup>2</sup>, Горейко С.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, timchen@svitonline.com

<sup>2</sup> Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, mscon@yandex.ru

<sup>3</sup> Науково-виробничне об'єднання НПО "Астрофизика" м. Москва

## Анотація

У статті розглянуто метод знаходження енергетичних фрагментів зображень лазерних трас в реальному часі та його застосування для задач розпізнавання образів. Приведені теоретичні відомості, експериментальні дослідження і програмна реалізація.

## Abstract

In this article researched real-time power centers finding method of the laser prolonged routes and its using for images recognition tasks. Leading up theoretical information, experimental researching and program realization.

## ВСТУП

Метою даної статті є програмне застосування методу знаходження енергетичних центрів образів в реальному масштабі часу для оптимізації цих енергетичних центрів.

Розвиток обчислювальної техніки виявляється із еволюційного переходу від традиційних обчислювальних структур Фон-Неймана до "експертних систем" і розумних нейротехнічних, які імітують мозкову діяльність людини, інтелектуально-обчислювальним засобів шостого покоління. З упевненістю можна констатувати, що "ідеальним" пристроєм перетворення оптичної інформації паралельного типу є око - мабуть сама унікальна із сенсорних систем людини. Мозок людини є природним процесором, який перероблює сенсорну інформацію. Виникає питання. Чи можливо змоделювати процес око-процесорного сприйняття сенсорної інформації на рівні створення нейроподібної схеми обробки інформації? Аналіз останніх робіт з нейробіології та робіт пов'язаних з моделюванням нейронних механізмів сприйняття сенсорної інформації показав, що залишаються нез'ясованими наступні питання: яким чином відбувається взаємодія в корі головного мозку нейроансамблей, що утворюються, їхня взаємодія на рівні природних локальних нейронних мереж; як у часі відбувається інтеграція просторово розділених активованих нейроансамблей Д. Хебба в горизонтальних і вертикальних шляхах у момент узгодженої дії багатьох одночасно діючих подразників? Тому у статті досліджується гіпотетична модель просторової інтеграції та структуризації інформації в корі головного мозку, стосовно до проблем в області обробки та розпізнавання образів. Розглянуті в роботі моделі поки що володіють у більшому ступені метафоричною подібністю з "природними" комп'ютерами, проте вони пропонують новий

більш витончений підхід до машинних обчислень, наслідуючи якому можна буде створити нові мікропроцесорні системи і комп'ютери нової архітектури. Крім того вони дозволять по новому глянути і на біологічні системи. Прототипом запропонованого підходу можна вважати принципи колективних обчислень у нейроподібних схемах колективного прийняття рішень, що потребують колективної взаємодії великої кількості простих рішень, у результаті якого приймається складне рішення шляхом комбінування даних протягом якогось проміжку часу. На основі аналізу нейробіологічних даних про теорію структурування сенсорної інформації у мозку та особливостей організації обчислень у корі була виявлена низка невідповідностей щодо природних механізмів сприйняття об'єктів і ситуацій зовнішнього світу, які не знайшли відповідного відображення у сучасних нейроподібних обчислювачах, що суттєво обмежує їх технічні можливості та не відповідає головним вимогам, які ставляться до інтелектуальних засобів обробки інформації.

## 1. Опис методу аналізу зображень лазерних трас на основі визначення центру ваги на основі моментних ознак.

1. Для всього фрагмента траси знаходиться точка з максимальною яскравістю  $T_{max}$ .

2. Від максимальної яскравості беруться  $N$  значень яскравості  $T_{max-w}$ ,  $w=1, 2, N$ . У програмі є можливість вибрати необхідну кількість  $N$  значень яскравості. Крайні точки з яскравістю  $T_{MAX-C}$  утворюють крайову лінію. Таким чином визначалися  $N$  крайових ліній.

3. Для кожного крайового контура визначалися попередні центри окремо для кожної координати:

$$x = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} W(f(x,y)) \cdot x,$$

$$y = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} W(f(x,y)) \cdot y,$$

$$M = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} W(f(x,y)) \quad (1)$$

де  $w=1, 2, N$ ,  $f(x,y)$  – яскравість.

4. Знаходяться усереднені координати для всього фрагмента траси (даними для усереднювання є координати центру кожного крайового контура).

5. Пошук еталонного зображення. Для навчальної вибірки знаходяться для кожного фрагмента траси усереднені значення центрів крайових контурів, з яких складається фрагмент траси. Для формування еталонного образу використовувалася різна кількість фрагментів.

6. Етап тунелювання проводився по усереднених значеннях центрів крайових контурів та заданій точності у пікселях (наявна можливість задати необхідну точність).

7. Етап обробки поточних фрагментів траси. На цьому етапі у разі попадання усереднених значень центрів крайових контурів фрагменту траси у тунель еталонного образу фрагмент траси вважається «хорошим», інакше – «поганим».

8. Для «хорошого» фрагменту траси производится оптимізація ваг за формулою (2):

$$x = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} w(f(x, y)) \cdot (x + \delta_x),$$

$$y = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} w(f(x, y)) \cdot (y + \delta_y). \quad (2)$$

Ці центри утворюють кінцевий результат.

## 2. Програмна реалізація та результати експериментальних досліджень

На рис. 1 показано діалогове вікно програми, яке логічно розділене на дві частини: в одній частині розміщені дані еталонного образу (панель «ЕТАЛОННИЙ ОБРАЗ»), у іншій – фрагмент траси, що з ним порівнюється (панель «ОБРАЗ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ»).

Окремим блоком іде панель «ПАНЕЛЬ МЕРЕЖ».

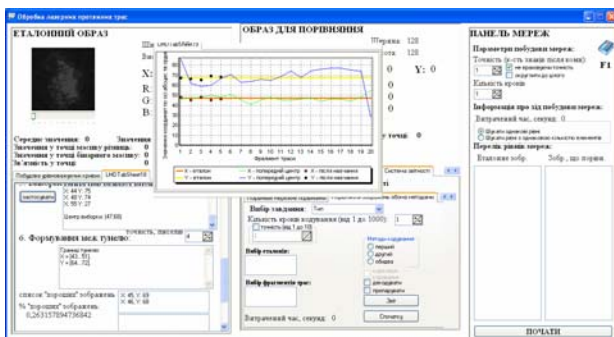


Рис. 1: Вигляд головного вікна роботи програми.

Програма «Обработка изображений лазерных трас» володіє наступними основними можливостями:

- можливий вибір фрагментів різних лазерних протяжних трас як для формування еталонного образу, так і для фрагменту, що з ним порівнюється;
- функція збереження еталонного образу та автоматичний вибір цього образу для подальшої обробки;
- побудова структури нейроподібної мережі як еталонного образу, так і образу, що з ним порівнюється при визначенні кількості кроків та точності;
- автоматичне визначення розмірів матриці на будь-якому ієрархічному рівні, а також перегляд будь-якого елемента цієї матриці;
- побудова графу паралельно-ієрархічної мережі з можливістю його друку;
- кодування та декодування образів (еталонного та фрагменту траси, що з ним порівнюється) при визначених

кількості кроків та точності, а також кодування-декодування матриць на будь-якому ієрархічному рівні;

- фіксація часу, витраченого на всі операції;
- перегляд отриманого образу після декодування;
- наявність процедури препарування на основі популяційного кодування, яка включає визначення кількості позитивних, негативних та нульових препаратів, а також автоматичного пошуку оптимального порогу. Також наявна можливість препарування при нульовому порозі;
- побудова урівноважувачих кривих [5] на основі популяційного кодування, яка включає коефіцієнту кореляції позитивних, негативних та нульових препаратів на будь-якому рівні паралельно-ієрархічної мережі;
- визначення зв'язностей пікселів;
- досить гнучка система звітності, яка включає в себе:

- порівняне мережне порівняння, яке дозволяє автоматично встановити коефіцієнти кореляції на кожному рівні паралельно-ієрархічної мережі при різних параметрах (до трьох дослідів із можливістю встановлювати наступні параметри: кількість кроків кодування (1...1000), точність (1...10), кодувати першим, другим або обома методами, встановлювати тип, товщину та колір лінії). По результатам проведення експерименту можна отримати два типи звітів: короткий та повний;

- порівняння образів обома методами, яке дозволяє автоматично встановити коефіцієнти кореляції при кодуванні першим, другим або обома методами із встановленням необхідних параметрів між двома множинами вибраних образів. Передбачена можливість декодування образів (обома методами), а також препарування образів (при використанні другого методу кодування). По результатам проведення експерименту можна отримати звіт;

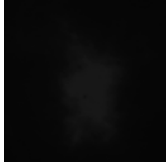
- базу експериментів, яка дозволяє переглянути звіти проведених раніше експериментів (наявні поля: назва звіту, дата та час проведення експерименту);
- достатньо повний і докладний HELP програми.

## 3. Порівняльний аналіз зображень різноманітних фрагментів траси.

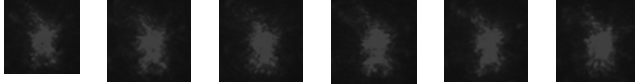
У табл. 1 подані зразки еталонних образів та окремих фрагментів протяжних лазерних трас, що використовувалися у ході експериментів, а також криві знаходження їх енергетичних центрів.

Таблиця 1: Зразки образів та фрагменти трас

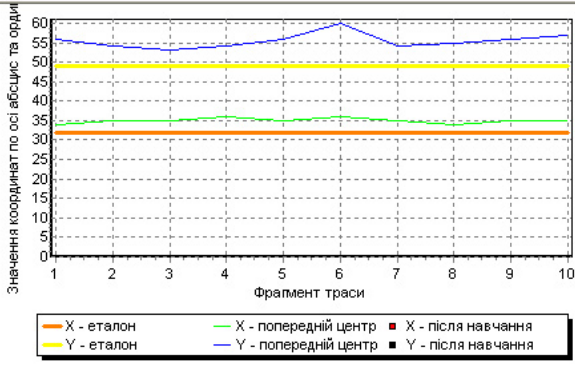
Еталонний образ сформовано із 10% фрагментів траси №1: [SCR\_001.BMP...SCR\_010.BMP];



Перші 5 фрагментів траси для порівняння



Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 1.



Центр еталону: (37;42).

Границі тунелю: X = [31...33], Y = [48...50];

% "хороших зображень": 0.

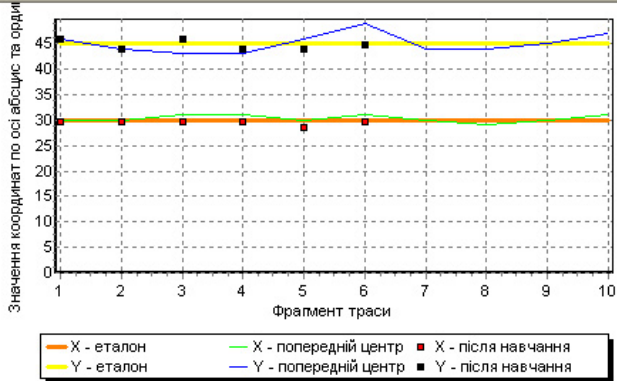
Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 1.

Центр еталону: (24;33).

Границі тунелю: X = [23...25], Y = [32...34].

% "хороших зображень": 0.

Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 2.



Центр еталону: (30;45).

Границі тунелю: X = [28...32], Y = [43...47].

% "хороших зображень": 67.

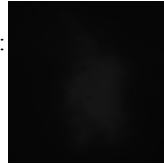
Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 2.

Центр еталону: (47;65).

Границі тунелю: X = [45...49], Y = [63...67].

% "хороших зображень": 11.

Еталонний образ сформовано із 20% фрагментів траси №1: [SCR\_001.BMP...SCR\_020.BMP];



Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 1.

Центр еталону: (30;48).

Границі тунелю: X = [29...31], Y = [47...49].

% "хороших зображень": 5,3.

Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 1.

Центр еталону: (47;68).

Границі тунелю: X = [46...48], Y = [67...69].

% "хороших зображень": 0.

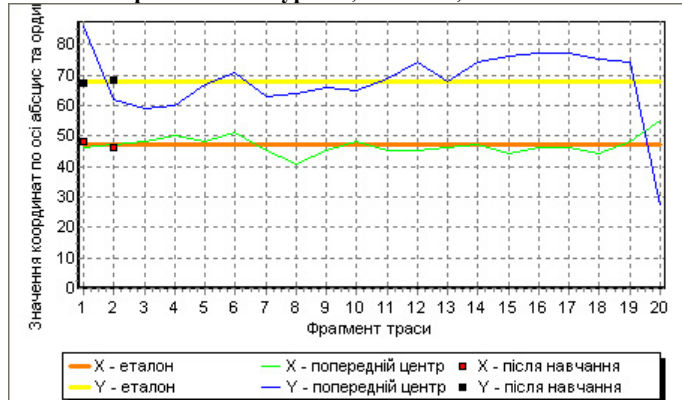
Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 2.

Центр еталону: (30;52).

Границі тунелю: X = [28...32], Y = [50...54].

% "хороших зображень": 36,8.

Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 2.



Центр еталону: (47;68).

Границі тунелю: X = [45...49], Y = [66...70].

% "хороших зображень": 11.

Еталонний образ сформовано із 30% фрагментів траси №1: [SCR\_001.BMP...SCR\_030.BMP];



Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 1.

Центр еталону: (31;47).

Границі тунелю: X = [30...32], Y = [46...48].

% "хороших зображень": 6,9.

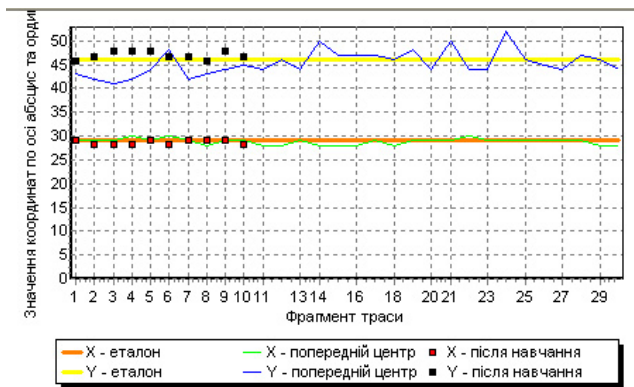
Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 1.

Центр еталону: (47;70).

Границі тунелю: X = [46...48], Y = [71...72].

% "хороших зображень": 0.

Кількість крайових контурів: 3, точність, пікселів: 2.



Центр еталону: (29;46).

Границі тунелю: X = [27...31], Y = [44...48].

% “хороших зображень”: 35.

Кількість крайових контурів: 1, точність, пікселів: 2.

Центр еталону: (47;70).

Границі тунелю: X = [45...49], Y = [68...72].

% “хороших зображень”: 3,4.

У ході експерименту проводилося знаходження енергетичних центрів еталонних образів. У якості еталонних бралися образи, що були раніше сформовані із певної (зазначеної у табл. 1) сукупності фрагментів трас та збережені програмою “Обробка зображень лазерних трас” і подальше порівняння з іншими фрагментами трас проводилося саме для них.

**Висновки:** У роботі запропоновано для навчання мережі, використовуючи ідею популяційного кодування в штучній нейронній мережі і наближення її до природних нейронних мереж, поточний образ відображати поточною ПІ мережею з поточними параметрами і перетворювати їх на основі узагальненого контурного препарування в бінарні препарати з наступним порівнянням на основі коефіцієнту кореляції з еталонною ПІ мережею еталонного образу з усередненими параметрами, елементи якого є бінаризованими препаратами. На відміну від відомих структур штучних нейронних мереж [4], у яких для порівняння використовуються не нормовані (абсолютні) критерії подоби в розглянутому методі навчання використовується нормований критерій. При цьому коефіцієнт кореляції запропоновано обчислювати не тільки окремо для кожного двох рівнів, але також обчислювати і загальний для двох ПІ мереж [6,7], що поліпшує точність формування результату розпізнавання. Результати машинного моделювання, проведені на прикладі обробки зображень лазерних трас, показують повну адекватність отриманих теоретичних і експериментальних результатів. У ході проведення експерименту нами встановлено, що при зменшенні кількості крайових контурів енергетичний центр еталону зміщується у сторону більшої активності лазерної траси. Вищий відсоток хороших зображень підвищується завдяки збільшенню точності, а, отже, і збільшенню границь еталонного тунелю.

Після оптимізації ваг енергетичних центрів “хороших” зображень ми бачимо, що ці енергетичні центри максимально наближаються до енергетичного центру еталонного образу.

## ЛІТЕРАТУРА

[1] Хинтон Д.Е. Как обучаются нейронные сети // В мире науки. – 1992.- №11-12. – с. 103-110.

[2] Тимченко Л.И. Многоэтапная параллельно-иерархическая сеть как модель нейроразличной схемы вычислений. Кибернетика и системный анализ. №2, 2000, с.114-134.

[3] Тимченко Л.И., Чепорнюк С.В., Кутаев Ю.Ф., Герцій О.А. Компактный опис моделей зображень для класифікації образів. Вісник ВПІ, 1998, №2, с. 72-83.

[4] J.K.Aggarwal, Shishir Shah. Object recognition and performance bounds- in Proc. Image Analysis and Processing, Florence, Italy, September 17 - 19, pp. 343 - 360, 1997.

[5] М.О. Ковзель, Л.И. Тимченко, Ю.Ф. Кутаев, С.В. Свечніков, В.П. Кожем’яко, О.І. Стасюк, С.М. Білан, Л.В. Загоруйко. Паралельно-ієрархічне перетворення і Q-обробка інформації для систем реального часу. Монографія. – Київ: КУЕГТ, 2006 – 492 с.

[6] В.П. Кожем’яко, Л.И. Тимченко, А.А. Яровий. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп’ютера. Монографія. – Вінниця: Універсум – Вінниця, 2005 – 161 с.

[7] В.П. Кожем’яко, Ю.Ф. Кутаев, С.В. Свечніков, Л.И. Тимченко, А.А. Яровий. Паралельно-ієрархічне перетворення як системна модель оптико-електронних засобів штучного інтелекту. Монографія. / Кол. авторів під заг. ред. В.П. Кожем’яко – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2003 – 324 с.