

УДК 004.932; 537.523.9

## ОБРОБКА ОТРИМАНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПРИ ГАЗОРОЗРЯДНІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РІДИННОФАЗНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Й.Й. Білинський, О.А. Павлюк, І. В. Микулка*

*Вінницький національний технічний університет, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021, тел. (0432)59-80-13, e-mail: [pavluk\\_89@mail.ru](mailto:pavluk_89@mail.ru)*

*Розроблено алгоритм, який розділяє вхідне зображення на зразкове і досліджуване, виконує фільтрацію та бінаризацію розділених зображень, виділяє стримери, що мають кількість пікселів вище заданого порогового значення та виводить ці зображення після афінних перетворень в нормалізованому положенні.*

*Ключові слова: газорозрядна візуалізація, стример, рідиннофазний об'єкт, обробка зображень.*

*Разработан алгоритм который разделяет входное изображение на образцовое и изучаемое, выполняет фильтрацию и бинаризации разделенных изображений, выделяет стримеры, имеющие количество пикселей выше заданного порогового значения и выводит эти изображения после аффинных преобразований в нормализованном положении.*

*Ключевые слова: газоразрядная визуализация, стример, жидкофазной объект, обработка изображений.*

*Developed an algorithm which divides the input image and a model patient, perform filtering and binarization separated images, provides streamers, with the number of pixels above a given threshold value and displays the images after affine transformation normalized position.*

*Keywords: discharge visualization, streamers, liquid-phase object imaging.*

Зображення світіння газового розряду являє собою складне фрактальне і монохромне зображення. При обробці та аналізі такого зображення виявляються кількісні та якісні характеристики об'єкта, що створює світіння [1]. Дана задача характеризується великим обсягом оброблюваних даних, а застосування методу газорозрядної візуалізації (ГРВ) в різних областях науки для дослідження об'єктів найрізноманітнішої природи вимагає розробки методів і алгоритмів аналізу ГРВ, що враховують специфічні особливості конкретної предметної області.

На сьогодні метод статичної ГРВ-графії, який заснований на аналізі окремих зображень газового розряду, одержаних у випадкові моменти часу, має ряд істотних обмежень. Крім цього, існуюча методика обробки статичних ГРВ-грам включає ручне коригування параметрів процедур обробки з метою отримання найбільш інформативних даних, що вносить елементи суб'єктивності. Тому метою статті є розробка алгоритму обробки зображень, отриманих при газорозрядній візуалізації рідиннофазних об'єктів.

Інформація про об'єкт при ГРВ може бути отримана за допомогою інтенсивності світіння, його тривалості, розподілу окремих лавинних

актів, а також спектрального складу випромінювання. При цьому основними інформативними ознаками рідиннофазних об'єктів (РФО) можуть бути:

- фактори, що викликають зміну електричного поля в розрядному зазорі (наприклад, неоднорідність структури поверхні або об'єму), оскільки при однаковій концентрації носіїв заряду лавинні розряди переважно виникають в областях з максимальною напруженістю електричного поля, де розвиваються більш інтенсивно у порівнянні з сусідніми областями;

- просторова або часова неоднорідність емісійних властивостей поверхні об'єкта, так як від них залежать як величина струму розряду, так і частота проходження розрядів;

- просторова або часова неоднорідність власного газовиділення (або випаровування) поверхні об'єкта, так як вона впливає на склад газового середовища в зазорі, а отже на інтенсивність розряду і спектральний склад випромінювання;

- неоднорідність поверхні об'єкта за електропровідністю або її зміна в часі, так як від неї залежать інтенсивність окремих актів розряду та їх частота проходження;

- загальний імпеданс електричного кола, що

при сталості інших параметрів залежить від електричних властивостей досліджуваного об'єкта, його поверхні та об'єму [2].

Для дослідження рідиннофазних об'єктів розроблено автоматизовану систему, яка містить дві комірки для досліджуваного та зразкового РФО. В системі передбачено кріплення за допомогою пазів досліджуваного столика з РФО та камери таким чином, щоб висота камери над досліджуваним столиком залишалась сталою, а центр зображення, який отримує камера, знаходиться точно між досліджуваним та зразковим РФО. Це дозволяє забезпечити узгодження розмірів РФО та їх світіння. У всіх дослідженнях зразковим РФО є дистильована вода, яка знаходиться в правій комірці, в лівій знаходиться досліджуваний РФО. Система отримує серію графічних файлів ГРВ, які піддаються подальшій обробці [3].

Інформацією для подальшої обробки зображень газового світіння є одиничні стримери.

Стримером вважається суперпозиція в часі окремих коронних стримерів на півперіодах змінної напруги, тобто інтегральна картина світіння окремих коронних стримерів, що чергуються [4].

Для обробки зображень розроблено алгоритм, який розділяє вхідне зображення на зразкове і досліджуване й для кожного з них виконує такі кроки:

1) визначення параметрів шуму та фільтрація зображень;

2) визначення порога бінаризації;

3) виконання бінаризації на основі поелементного перетворення зображення;

4) построкове сканування всього масиву бінаризованого зображення та знаходження координат пікселів, що утворюють замкнуті області стримерів;

5) виділення масиву пікселів мінімальної прямокутної форми, в якому розміщується стример;

6) знаходження координат масиву пікселів мінімальної прямокутної форми, в якому розміщується стример  $(x_n, y_n; x_n, y_n)$ .

7) присвоєння нульових значень пікселам, що утворюють замкнуту область;

8) присвоєння знайденому стримеру поточного номера  $n$ ;

9) формування тривимірного масиву, в якому знаходяться номери знайдених стримерів і координати їх пікселів;

10) видалення з тривимірного масиву стримерів, що мають кількість пікселів менше заданого порогового значення;

11) визначення коефіцієнтів рівнянь прямих,

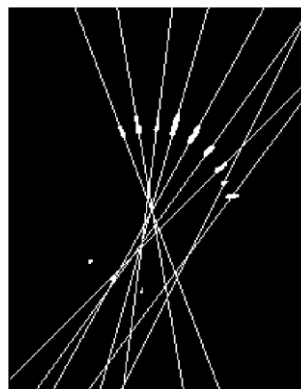
що проходять через координати стримерів за допомогою даних тривимірного масиву методом найменших квадратів

$$y_{ni} = a_n x_{ni} + b_n,$$

де  $y_{ni}$  – номер рядка  $i$ -го пікселя  $n$ -го стримера;  $x_{ni}$  – номер стовпця  $i$ -го пікселя  $n$ -го стримера;  $a_n, b_n$  – коефіцієнти рівняння прямої для  $n$ -го стримера (рис. 1) [5];

12) виділення зображення стримерів в результаті фільтрації зображення за координатами  $(x_n-d, y_n-d; x_n+d, y_n+d)$ . Розміри прямокутних зон збільшені на величину  $d$  у всіх напрямках, з метою включення пікселів з яскравістю нижче порогової, що входять до стримерів;

13) встановлення  $n$ -го стримера перпендикулярно вісі ОХ за рахунок афінних перетворень поворотом зображення на кут  $90^\circ - f_n$ , де  $f_n = \arctan(a_n)$ ;



**Рисунок 1 – Графічне зображення прямих, що проходять через стримери зразкового РФО**

14) Визначення в центральному вертикальному перерізі зображення  $n$ -го стримера номера рядка пікселя з максимальною яскравістю;

15) визначення значень параметрів оброблюваного стримера:  $L_{zn}, L_{cn}$  – відповідно, відстань зростання та спадання до пікселя з максимальною яскравістю;

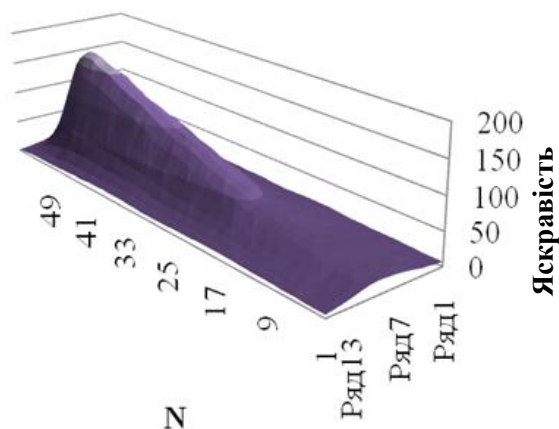
16) якщо  $L_{zn} > L_{cn}$ , то зображення стримера повертається на  $180^\circ$ ;

17) збереження зображень нормалізованих стримерів.

На рис. 2 зображено 3D-зображення яскравості нормалізованого стримера.

Використання такої методики дозволяє крім параметрів  $L_{zn}$  та  $L_{cn}$  отримати:  $I_{maxn}$  – максимальне значення градації яскравості

зображення  $n$ -го стримера,  $k_{1n}$  – коефіцієнт зростання експоненти  $n$ -го стримера для частини  $L_{zn}$ ,  $k_{2n}$  – коефіцієнт спадання експоненти  $n$ -го стримера для частини  $L_{cn}$ ,  $S_{cn}$  – середня яскравість  $n$ -го стримера.



**Рисунок 2 – 3D-зображення яскравості нормалізованого стримера**

#### ВИСНОВКИ

Запропоновано алгоритм обробки зображень, отриманих при газорозрядній візуалізації рідиннофазних об'єктів, який дає змогу виконати виділення стримерів на зображенні та привести їх до нормалізованого вигляду. В результаті обробки зображення ГРВ

досягається можливість визначити ряд параметрів, які можуть бути використані для дослідження рідиннофазних об'єктів.

1. Коротков К.Г. Техника ГРВ биоэлектрографии / К.Г. Коротков, Б.А. Крылов, О.И. Белобаба, [та ін.]// СПб. : СПб ГУИТМО, 2001. – 356 с. 2. Крылов Б. А. Методы регистрации, обработки и анализа изображений / Б. А. Крылов, А. Ю. Гришенцев, Е. Н. Величко// СПб : СПб ГУИТМО, 2010. – 60 с. 3. Павлюк О.А. Разработка компьютерной системы газорозрядной визуализации/ О.А. Павлюк, Й. Й. Билинский. // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011. – Севастополь: СевНТУ.- 2011.– 681 С. 4. Исследование зависимости спектра свечения кирлиан от химического состава объекта и окружающей его газовой атмосферы [Электронный ресурс] : Тезисы конгресса 2006 г. / И. И. Абдулов, Е.В. Алтынбаев, А. Ю. Бабич // Режим доступа : <http://www.finer.ru/podg>. 5. Лоусон Ч. Численное решение задач методом наименьших квадратов / Ч. Лоусон, Р. Хенсон. – М. : Наука, 1986. – 232 с.

**Поступила в редакцію 12.10.2011 р.**

**Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Кісіль І. С.**