

УДК 004.519.217

С. Г. Антощук, д-р техн. наук,
О. О. Арсірій, канд. техн. наук,
О. П. Василевська

АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПОТОКІВ НА ОСНОВІ САМООРГАНІЗОВАНИХ КАРТ КОХОНЕНА

Анотація При аналізі зображень гідродинамічних потоків в САПР складних елементів систем транспортування для реалізації процедур інтелектуальної візуалізації пропонується використовувати нейромережевий підхід, заснований на застосуванні самоорганізованих карт Кохонена.

Ключові слова: самоорганізовані карти Кохонена, візуалізація, гідродинамічні потоки.

Antoshchuk S.G., ScD.,
Arsiriy O.O., Ph.D.,
Vasilevskaia O.P

THE IMAGES ANALYSIS OF HYDRODYNAMIC FLOW ON SELF-ORGANIZING KOHONEN MAPS

Abstract. Realization of intelligent imaging procedures for the analysis of images of hydrodynamic flow in the CAD systems of complex elements of transportation is based on a neural network approach based on self-organizing Kohonen maps.

Keywords: self-organizing Kohonen maps, visualization, hydrodynamic flow.

Антощук С.Г., д-р техн. наук,
Арсірій Е.А., канд. техн. наук,
Василевская А.П.

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗОВАННЫХ КАРТ КОХОНЕНА

Аннотация. При анализе изображений гидродинамических потоков в САПР сложных элементов систем транспортирования для реализации процедуры интеллектуальной визуализации предлагается использовать нейросетевой подход, основанный на применении самоорганизованных карт Кохонена.

Ключевые слова: самоорганизованные карты Кохонена, визуализация, гидродинамические потоки.

Актуальність проблеми. Постановка задачі. Одним з пріоритетних напрямків у розвитку сучасних енергозберігаючих технологій є проектування гідро-аеродинамічних систем з метою інтенсифікації енергетичних процесів. Досягнення цієї мети можливе за рахунок зниження гідравлічних опорів в елементах систем транспортування (ЕСТ) рідин або газів (в колекторах, поворотах, трійниках, раптових розширеннях або звуженнях і т. п.) шляхом врахування реальної структури гідро-аеродинамічних потоків [1, 2].

Реальну інформацію про структуру гідро-аеродинамічних потоків зручно одержати шляхом їх візуалізації. Візуалізація гідродинамічних процесів в моделюючому пристрої проводиться на експериментальному стенді, який базується на основі просвічування поляризованим світлом оптично

© Арсірій О.О., Антощук С.Г.,
Василевська О.П., 2012

активної рідини в моделюючому пристрої. Для отримання оптично активної рідини в звичайну рідину додається 0,06 % п'ятиокису ванадію, при цьому її в'язкість залишається незмінною. Неоднакова інтенсивність освітлення в кожній точці потоку дозволяє визначити розподіл швидкостей або тисків і фізичну сутність гідродинамічних процесів в модельованому ЕСТ, а також на зображенні дисипативні і шаруваті гідродинамічні структури (ГС) і виробити рекомендації щодо проектування необхідної геометрії елемента. Для отримання моделі структури потоку (зображення) візуальні картини реєструють.

Інтелектуальний аналіз зображень ЕСТ

Розглянемо особливості інтелектуального аналізу зображень ЕСТ при проектуванні одного із популярних з'єднувальних елементів – повороту потоку на 90° типу «коліно» (ППК) зі зниженим гідравлічним

опором. При цьому на зображенні ППК (рис. 1,а) можна визначити зони відриву потоку від стінки каналу (дисипативні ГС) – Z і упорядковані шари потоку (шаруваті ГС) – 1, 2. Згідно з висновком експерта-проектувальника, дисипативні ГС є джерелами максимальних місцевих гідравлічних опорів ($\zeta = 1,2$), які перешкоджають організованому руху потоку та приводять до зниження гідравлічної ефективності ППК ($\eta = 0,68$).

Інтелектуальний аналіз зображень гідродинамічних потоків передбачає виконання процедур попередньої обробки, морфологічного аналізу та інтелектуальної візуалізації для відображення структури потоку [3]. Інтелектуальна візуалізація, в свою чергу, потребує створення топологічно впорядкованих карт ознак, які притаманні ГС для подальшої сегментації зображень гідродинамічних потоків, а також ідентифікації та класифікації ГС.

Для скорочення обсягу аналізованої інформації в ході процедури попередньої обробки виконується конвертація кольорового зображення в півтонове з одночасною пороговою обробкою (пори́г «знизу» – рис. 1, б):

$$Gray_{ij} = \alpha(a^r R_{ij} + a^g G_{ij} + a^b B_{ij}),$$

де α , a^r , a^g , a^b – експериментально обрані коефіцієнти, які визначаються параметрами моделюючого пристрою.

Метою морфологічного аналізу є визначення найбільш характерних структурних примітивів. При цьому на зображенні гідродинамічного потоку в шаблоні ППК на основі властивостей однорідності, впорядкованості і спрямованості виділяються елементарні, непохідні елементи – гідродинамічні структурні примітиви (ГСП), розміри яких узгоджені з роздільною здатністю фотореєструючої апаратури і забезпечують псевдостационарність зображень ГСП. Запропоновано наступну класифікацію основних морфологічних типів (рис. 1, в):

ГСП «стінка» (зона 1) – нерухоме однорідне поле на зображенні гідродинамічного потоку, що відповідає оптично неактивному каліброваному матеріалу шаблона моделювання;

ГСП «потік» – оптично неоднорідна частина зображення, яка характеризує зміну величини пульсаційної складової швидкості в полі потоку;

«дисипативні ГСП» (зона 2) – неупорядковані частини зображення ГСП «потік»;

«шаруваті ГСП» – впорядковані частини зображення ГСП «потік». Шаруваті ГСП являють собою сімейство смуг (шарів) потоку, що чергуються. Шаруваті ГСП поділяються в залежності кута відхилення спрямованих смуг від напрямку стінки каналу на «прямі» (зона 3) і «орієнтовані» (зона 4).

Створення топологічно впорядкованої самоорганізованої карти

Для реалізації процедур інтелектуальної візуалізації пропонується використовувати нейромережевий підхід, заснований на застосуванні самоорганізованих карт Кохонена (*self-organizing map* – SOM). Як відомо, алгоритм SOM було розроблено для візуалізації нелінійних зв'язків в багатовимірних даних, а також в практичних задачах текстурного аналізу [4]. SOM відноситься до нейронних мереж з прямою передачею даних і має вхідний і вихідний шари. Вхідний шар, розмірність якого відповідає розмірності вихідних даних, називається рецепторним.

Вихідний обчислювальний шар (шар Кохонена) містить нейрони, кожен з яких пов'язаний з нейроном рецепторного (вхідного) шару прямими зв'язками, а з усіма іншими – латеральними зв'язками [4].

Найбільш часто SOM мають одномірну (1D) або двовимірну (2D) топологію в залежності від розташування нейронів в рецепторному або обчислювальному шарах. При цьому нейрони обчислювального шару можуть становити гексагональну або прямокутну решітку. Якщо нейрони розташовані в кутах прямокутної решітки, тоді між ними можливі тільки вертикальні і горизонтальні латеральні зв'язки, а якщо в кутах гексагональної решітки, тоді існують вертикальні і діагональні зв'язки.

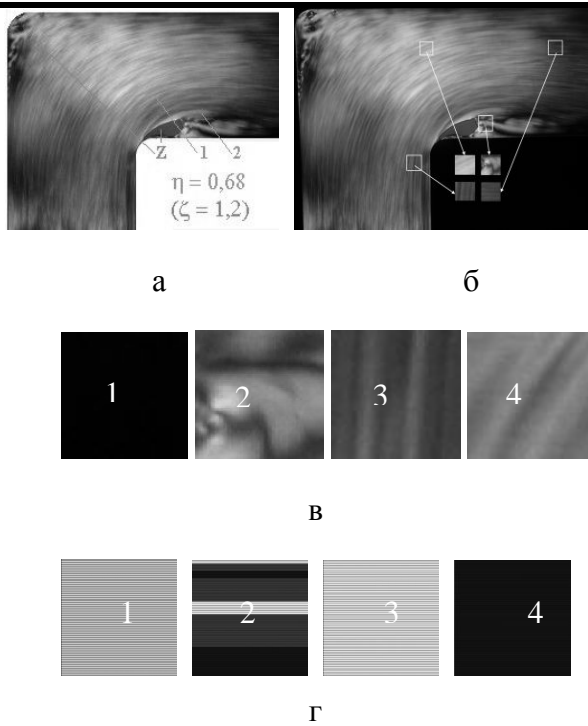


Рис. 1. Зображення гідродинамічного потоку в шаблоні ППК:

- а – вхідне; б – після попередньої обробки; в – представників ГСП після морфологічного аналізу; г – представників ГСП відображених у вихідний простір

Топологічно впорядковану карту ознак морфологічних типів ГСП було створено на основі одновірної SOM, де рецепторний шар складається з 64 нейронів, а обчислювальний з 4 нейронів. Всі нейрони обчислювального шару мають конкуруючу функцію активації, утворюють зі всіма нейронами рецепторного шару прямі зв'язки, а між собою – вертикальні латеральні зв'язки (рис. 2).

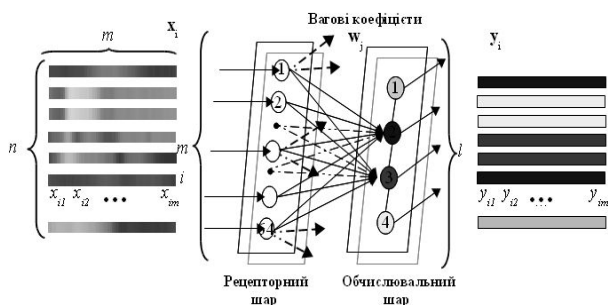


Рис. 2. Модель відображення ознак гідродинамічних структурних примітивів

Метою процедури створення SOM є отримання векторів статистичних ознак, завдяки яким можливо відображення найбільш характерних вхідних півтонових ГСП в вихідний простір, який відповідає чотирьом класам ГСП. Вихідний простір відображається за допомогою чотирьох псевдокольників. Процедура відображення вхідних характерних ГСП в вихідний простір реалізована наступним чином. На вхід рецепторного шару SOM послідовно подаються підобласті x_i вхідного простору X . При цьому вхідний простір X сформовано із зображень еталонних представників півтонових ГСП кожного із морфологічних типів (див. рис. 1,в), а підобласть x_i формується у вигляді вектору-рядку з вхідного простору. Внаслідок конкурентної самоорганізації вагові коефіцієнти нейронів обчислювального шару адаптуються так, щоб максимальним чином реагувати на схожі послідовності даних з підобластей x_i вхідного простору X і мінімальним на послідовності, що відрізняються. Результатом самоорганізації є матриця W адаптованих вагових коефіцієнтів прямих зв'язків нейронів обчислювального шару, яка складає простір ознак (рис. 2). Кожен вектор-рядок w_j простору ознак налаштований на відповідне відображення даних з вхідного простору X у вихідний простір Y . Таким чином формується простір ознак, який дозволяє визначити схожі морфологічні типи ГСП.

Аналіз зображень гідродинамічних потоків на основі самоорганізованих карт

Метою процедури сегментації є розділення зображення гідродинамічного потоку в шаблоні ППК на області, що відповідають основним типам ГСП. Процедура сегментації зображення гідродинамічного потоку в шаблоні ППК на основі сформованої SOM реалізована як послідовна горизонтальна та вертикальна обробка. Вхідне зображення гідродинамічного потоку (рис.1,б) «горизонтально» трансформується в вхідний простір X . Підобласті x_i простору X послідовно подаються на вхід рецепторного шару SOM і у відповідності з матрицею ознак W обчислювального шару ві-

дображаються в підобласті y_i вихідного простору Y

$$k(y) = \arg \min_j \|x - w_j\|,$$

де k – індекс нейрона-переможця обчислювального шару.

Вихідний простір Y відображається в «горизонтально» сегментоване Y^H вихідне зображення гідродинамічного потоку (рис. 3,а), яке представляється за допомогою чотирьох псевдокольників. Аналогічно виконується вертикальна обробка, в результаті якої формується «вертикально» сегментоване Y^V вихідне зображення гідродинамічного потоку (рис. 3, б). Для отримання «загально» сегментованого Y^C зображення гідродинамічного потоку (рис. 3,в) виконується логічне попіксельне об'єднання горизонтально і вертикально сегментованих зображень

$$y_{ij}^c = \begin{cases} y_{ij}^H, \text{ якщо } y_{ij}^H = y_{ij}^V \\ 255, \text{ в іншому випадку} \end{cases}, \quad (1)$$

де y_{ij} – окремих піксель зображення.

Необхідно зазначити, що при формуванні сегментованого зображення гідродинамічного потоку в шаблоні ППК кількість пікселів, при об'єднанні яких не виконувалась умова (1), становить 14,16 % від загальної кількості пікселів.

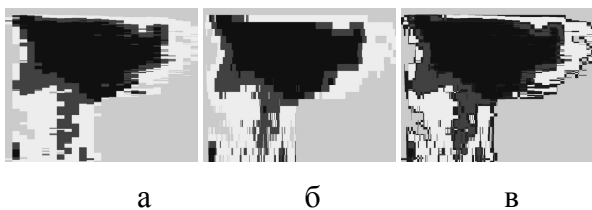


Рис. 3. Сегментовані псевдокольників зображення гідродинамічного потоку в шаблоні ППК:

а – горизонтальне; б – вертикальне;
в – загальне

Використання одновимірних SOM для інтелектуального аналізу візуальних даних на основі статистичних характеристик інтенсивності дозволяє:

на основі морфологічно виділених основних типів ГСП завдяки конкурентній самоорганізації сформувані простір ознак, який відображає вхідні дані у вихідний

простір зі значно меншою кількістю градацій інтенсивності (4 псевдокольників).

на основі сформованого простору ознак отримати візуальні сегментовані псевдокольників зображення гідродинамічних потоків, що одержані в шаблоні ППК, використання яких при прийнятті проектних рішень скорочує обсяги аналізованих даних.

Висновки

На основі аналізу зображень гідродинамічних потоків в ППК з застосуванням одновимірних SOM приймається рішення про характер структури гідродинамічних потоків в моделі ППК, про наявність дисипативних зон і зон відриву гідродинамічного потоку від стінок каналу. Це дає змогу сформувані з врахуванням реальної структури гідро-аеродинамічних потоків модель геометрії шаблону ППК, яка дозволяє знизити гідравлічні опори в елементах систем транспортування, забезпечити інтенсифікацію енергетичних процесів.

Список використаної літератури

- Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. / Под ред. М. О. Штейнберга. 3-е изд. / И. Е. Идельчик – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с., ил.
- Арсирый В.А. Повышение эффективности оборудования с использованием FST-технологии / В. А. Арсирый // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса: – 2003. – Вып. 2. – С. 187–191.
- Интеллектуальный анализ при комплексном моделировании для повышения надежности работы энергетического оборудования / Е. А. Арсирый, С. Г. Антощук, В. А. Арсирый, В. И. Кравченко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 6(58). – С. 89–94.
- Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен; пер. 3-го англ. изд. – М. : БИНОМ Лаборатория знаний, 2008. – 655с.

Получено 03.07.2012

References

1. Idelchik I. E. Handbook of hydraulic resistance / Ed. M. O Steinberg. 3-rd ed. – Moscow: Mashinostroenie, 1992. – 672 p. [in Russian].

2. Arsiry V. A. Improving the efficiency of equipment using FST-technology / V.A Arsiry // Labors of the Odessa National Polytechnic University – Odessa: – 2003. – V.2. – P. 187-191[in Russian].

3. Data mining for complex simulation to improve reliability of power equipment / E. A Arsiry, S. G. Antoschuk, V. A Arsiry, V. I. Kravchenko // Radio electronic and computer systems. – 2012. – № 6(58). – P. 89–94 [in Russian].

4. Kohonen T. Self-organizing maps / T. Kohonen; trans. 3-rd Eng. ed. – Moscow: BINOM Knowledge Laboratory, 2008. – 655 p. [in Russian].



Арсирій
Олена Олександрівна,
канд. техн. наук, доц.
Одеського нац.
політехн. ун-ту,
e-mail: arsiriy@te.net.ua



Антощук
Светлана Григорівна,
д-р техн. наук,
проф. Одеського нац.
політехн. ун-ту,
e-mail: asg@ics.opu.ua



Василевська
Олександра Петрівна,
аспірант
Одеського нац.
політехн. ун-ту,
тел. 0677489030,
sauterelle@mail.ru